



Quel développement durable des mobilités quotidiennes au sein de l'agglomération lyonnaise?, rapport final pour le compte du Grand Lyon

Louafi Bouzouina, Jean-Pierre Nicolas, Florian Vanco

► To cite this version:

Louafi Bouzouina, Jean-Pierre Nicolas, Florian Vanco. Quel développement durable des mobilités quotidiennes au sein de l'agglomération lyonnaise?, rapport final pour le compte du Grand Lyon. 2010. halshs-00629384

HAL Id: halshs-00629384

<https://shs.hal.science/halshs-00629384>

Submitted on 5 Oct 2011

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Laboratoire d'Économie des Transports

Rapport de Recherche
pour le compte

GRANDLYON

de la Mission Ecologie du Grand Lyon

Quel développement durable des mobilités quotidiennes au sein de l'agglomération lyonnaise ?

Auteurs : Louafi Bouzouina, Jean-Pierre Nicolas, Florian Vanco

Sommaire

1. Présentation générale du projet	3
2. Réhabilitation d'un quartier et mixité sociale : quelles conséquences sur les mobilités quotidiennes et leurs impacts environnementaux ?	5
<i>Comment prendre en compte l'évolution de l'empreinte écologique liée à la mobilité quotidienne lors de la réhabilitation de quartiers défavorisés de la banlieue lyonnaise ?</i>	<i>7</i>
<i>Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO₂ liées aux déplacements</i>	<i>11</i>
Trois scénarios de mobilité résidentielle pour représenter la mobilité quotidienne et ses émissions de CO ₂	14
Estimer les mobilités et leurs émissions de CO ₂ – éléments de méthode	16
Les impacts du projet de réhabilitation sur les émissions de CO ₂ liées à la mobilité quotidienne	19
Conclusion : pour une mixité sociale et une reconcentration urbaine ?	23
Bibliographie	24
3. Evolutions des émissions de CO₂ liées aux mobilités quotidiennes entre 1995 et 2006 : qui est concerné et où ? 27	
<i>Evolution des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des lyonnais entre 1995 et 2006 : quels déterminants ?</i>	<i>29</i>
Introduction	31
1. Données et méthode	32
2. Stabilité des émissions de CO ₂ : baisse de la mobilité motorisée mais augmentation des distances	35
3. Quels facteurs socio-économiques pour expliquer les niveaux d'émissions de CO ₂ et leurs évolutions et quels sont les groupes les plus émetteurs?	38
Conclusion	42
Références	42
<i>CO₂ Emissions and Daily Mobility: Factors for Change. The Case of the Lyon Urban Area</i>	<i>45</i>
Introduction	47
Measuring and comparing CO ₂ emissions related to daily mobility using French household travel surveys	47
CO ₂ emissions related to the daily mobility of Lyon area residents: an apparent stability that masks major behavioural changes	50
Conclusion	53
References	54

1. Présentation générale du projet

S'interrogeant sur l'application de la notion de développement durable à la mobilité quotidienne qui se réalise sur son territoire, la mission Ecologie du Grand Lyon a travaillé avec le Laboratoire d'Economie des Transports sur les indicateurs pour prendre en compte les défis environnementaux du long terme (empreinte écologique et émissions de CO₂). Ils ont ensuite été croisés avec les préoccupations sociales que soulève nécessairement toute politique publique d'aménagement local.

Cette réflexion a été déclinée sur deux études différentes :

- ✓ La première concerne le projet de réhabilitation sociale du quartier de la Grappinière à Vaulx-en-Velin et son impact sur les mobilités quotidiennes des résidents du quartier, en lien avec leurs émissions de CO₂ et leur empreinte écologique.
- ✓ La seconde consiste en la mesure et l'analyse des évolutions des émissions de CO₂ liées aux mobilités quotidiennes des résidents de l'agglomération lyonnaise entre les années 90 et 2000.

Ces deux études ont en commun de croiser préoccupations sociales et environnementales dans le cadre des politiques de transport et d'aménagement urbain. L'étude sur le quartier de la Grappinière s'intéresse aux impacts environnementaux que peut avoir une politique sociale ; l'étude sur les évolutions des émissions de CO₂ conduit quant à elle à s'interroger sur les risques d'équité sociale que peuvent entraîner des politiques destinées à réduire l'impact environnemental des mobilités. Etablies toutes deux sur l'agglomération lyonnaise, ces deux études ont aussi en commun d'utiliser les mêmes ressources statistiques pour établir leurs estimations, à savoir les dernières enquêtes ménages déplacements menées à Lyon en 1994/95 et en 2005/06.

Ces travaux ont donné lieu à des publications qui expliquent les méthodologies utilisées et mettent en perspective les résultats obtenus. Ce sont ces articles et communications qui sont regroupés et présentés dans ce rapport.

L'étude sur le quartier de la Grappinière a tout d'abord donné lieu à la présentation d'un poster intitulé « Harmoniser politiques sociale et environnementale - Comment prendre en compte l'évolution de l'empreinte écologique liée à la mobilité quotidienne lors de la réhabilitation de quartiers défavorisés de la banlieue lyonnaise ? » lors du Congrès international *Environnement et Transports dans des contextes différents* qui s'est tenu du 16 au 18 février 2009 à Ghardaïa en Algérie. Il a reçu le premier prix des posters du colloque.

Ce travail a également conduit à un article paru dans la revue en ligne VertigO, intitulé « Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO₂ liées aux déplacements » (*VertigO*, Vol. 9, n°2. en ligne : <http://www.vertigo.revues.org/index8771.html>)

Les premiers résultats de l'analyse des évolutions des émissions de CO₂ liées aux mobilités quotidiennes des Grands Lyonnais ont été présentés lors du XLVI^{ème} colloque de l'ASRDLF qui s'est tenu à Clermont Ferrand, du 6 au 8 juillet 2009, avec une communication intitulée « Evolution des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des lyonnais entre 1995 et 2006 : quels déterminants ? ».

Ces résultats ont été affinés pour être présentés lors du 18^{ème} *Symposium International Transport and Air Pollution*, qui s'est tenue les 18-19 mai 2010 à Zürich en Suisse. La communication s'intitule "CO₂ Emissions and Daily Mobility: Factors for Change. The Case of the Lyon Urban Area".

2. Réhabilitation d'un quartier et mixité sociale : quelles conséquences sur les mobilités quotidiennes et leurs impacts environnementaux ?

BOUZOUINA L., NICOLAS Jean-Pierre, 2009, « Harmoniser politiques sociale et environnementale - Comment prendre en compte l'évolution de l'empreinte écologique liée à la mobilité quotidienne lors de la réhabilitation de quartiers défavorisés de la banlieue lyonnaise ? », Poster au Congrès international *Environnement et Transports dans des contextes différents*, Ghardaïa, Algérie, 16-18 février 2009.

BOUZOUINA L., NICOLAS J.-P., 2009, « Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO2 liées aux déplacements », *VertigO*, Vol. 9, n°2. en ligne : <http://www.vertigo.revues.org/index8771.html>

Comment prendre en compte l'évolution de l'empreinte écologique liée à la mobilité quotidienne lors de la réhabilitation de quartiers défavorisés de la banlieue lyonnaise ?

Référencement :

BOUZOUINA L., NICOLAS Jean-Pierre, 2009, « Harmoniser politiques sociale et environnementale - Comment prendre en compte l'évolution de l'empreinte écologique liée à la mobilité quotidienne lors de la réhabilitation de quartiers défavorisés de la banlieue lyonnaise ? », Poster au Congrès international *Environnement et Transports dans des contextes différents*, Ghardaïa, Algérie, 16-18 février 2009.

Résumé : Cette communication s'intéresse à l'impact environnemental, mesuré en termes d'empreinte écologique d'un projet de réaménagement des quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe dans la banlieue nord de Lyon (Vaulx-en-Velin). Son objectif est de tester l'impact des relocalisations résidentielles liées à une politique de mixité sociale sur l'empreinte écologique de la mobilité des habitants à différentes échelles. L'empreinte mobilité locale augmente avec le revenu du ménage et l'éloignement du centre (en lien avec la croissance du taux de motorisation et des distances parcourues quotidiennement) à l'échelle de l'agglomération. A l'échelle du quartier, la recherche d'une meilleure mixité sociale conduit à une augmentation de l'empreinte mobilité locale: elle passerait de 0,24 hag à 0,34 hag par an et par personne. Enfin, suivant l'orientation des migrations résidentielles, l'empreinte mobilité des populations concernées peut baisser (cas d'une recentrage des populations, avec un passage de 0,38 à 0,30 hag/pers/an.), comme elle peut augmenter (cas d'une migration tournée vers l'étalement urbain avec une augmentation de 0,24 à 0,38 hag).

Mots-clefs : empreinte écologique, mobilité individuelle, mobilité résidentielle, mixité sociale

Abstract : *The ecological footprint related to daily mobility and its evolution due to the rehabilitation of the disadvantaged neighborhood in the Lyons suburb*

This communication is about the environmental impact, measured by the ecological footprint of rehabilitation of two segregated neighborhoods in the northern suburbs of Lyon (Vaulx-in-Velin). Its objective is to test the impact of the residential relocations related to a social mix policy on the ecological footprint of the daily mobility of the inhabitants at different scales. The ecological footprint increases with the income of households and the distance to the center (linked to the growth of the vehicle ownership and the distances covered daily) on the scale of the agglomeration. On a local scale, the search for a better social mixity leads to an increase in the ecological footprint: it would pass from 0,24 hag to 0,34 ha/year/cap. Lastly, according to the orientation of the residential migrations, the ecological footprint of the concerned populations can drop (case of a centring of the populations, with a passage from 0,38 to 0,30 hag/pers/an.), as it can increase (case of a urban sprawl, with an increase of 0,24 to 0,38 hag).

Key-words: ecological footprint, individual trips, residential mobility, social mix policy

Harmoniser politiques sociale et environnementale

Comment prendre en compte l'évolution de l'empreinte écologique liée à la mobilité quotidienne lors de la réhabilitation de quartiers défavorisés de la banlieue lyonnaise ?

Louafi BOUZOUINA, Jean-Pierre NICOLAS
Laboratoire d'Economie des Transports
UMR CNRS 5593, Université de Lyon (ENTPE)



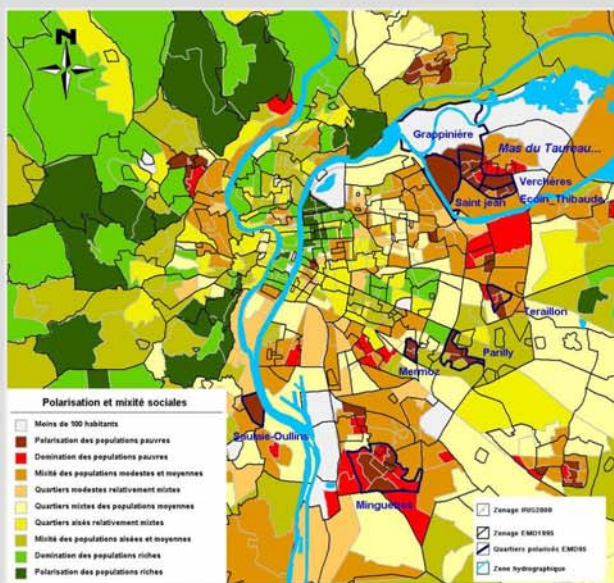
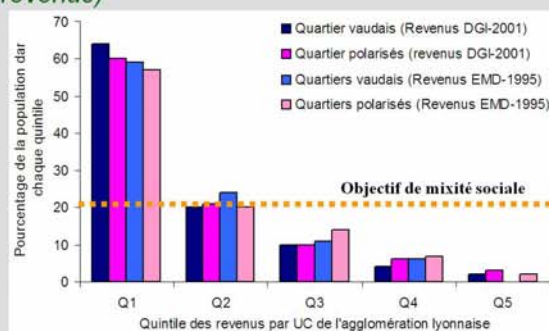
Contexte et objectif :

- Dans le cadre des politiques de renouvellement urbain, il a été décidé de réaménager les quartiers défavorisés du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe à Vaulx-en-Velin : refonte du bâti et mixité sociale
- Comment rendre compte de l'impact environnemental de cette politique en termes de mobilité quotidienne ? ➡ **Un travail de simulation exploratoire**

Méthode :

- Calcul de l'empreinte écologique de la mobilité quotidienne des Lyonnais à partir de l'Enquête Ménage Déplacements 1995

- Sélection des quartiers défavorisés assimilables aux quartiers Vaudais (localisation et *structure des revenus*)



- Test de scénarios contrastés de migrations résidentielles :
 - **Reconcentration** : les nouveaux résidents aisés proviennent de 2^{ème} couronne ; les habitants quittant les quartiers vont dans le centre
 - **Neutre** : les relocalisations résidentielles restent en 1^{ère} couronne
 - **Etalement** : les nouveaux résidents aisés proviennent du centre ; les habitants quittant les quartiers vont en 2^{ème} couronne

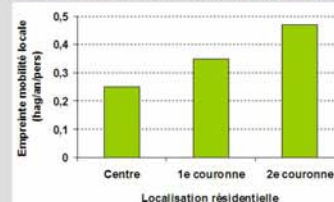
Résultat :

- L'empreinte mobilité annuelle est de 0,34 hag pour un Lyonnais et de 0,24 hag pour un Vaudais

- Elle est dépendante du revenu...



- ... et de la localisation résidentielle



- L'évolution de l'empreinte mobilité dépend des migrations résidentielles générées par le projet :
 - **Reconcentration** : baisse de 20% de l'empreinte (0,38 à 0,30 hag/pers/an)
 - **Etalement** : hausse de 60% de l'empreinte (0,24 à 0,38 hag/pers/an)

➡ **Pour une mixité sociale et une reconcentration urbaine ?**



Ce poster a reçu le 1^{er} prix des posters du colloque
Contact louafi.bouzouina@entpe.fr ; jean-pierre.nicolas@entpe.fr

GRANDLYON

Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO₂ liées aux déplacements

Référencement :

BOUZOUINA L., NICOLAS J.-P., 2009, « Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO₂ liées aux déplacements », *Vertigo*, Vol. 9, n°2. en ligne : <http://www.vertigo.revues.org/index8771.html>

Résumé : Cet article s'intéresse à l'impact environnemental, mesuré en termes d'émissions de CO₂ d'un projet de réaménagement des quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe dans la banlieue nord de Lyon (Vaulx-en-Velin). Son objectif est de tester l'impact des relocalisations résidentielles liées à une politique de mixité sociale sur les émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des habitants à différentes échelles. A l'échelle de l'agglomération, les émissions associées à la mobilité locale augmentent avec le revenu du ménage et l'éloignement du centre (en lien avec la croissance du taux de motorisation et des distances parcourues quotidiennement). A l'échelle du quartier, la recherche d'une meilleure mixité sociale conduit à une augmentation de l'émission mobilité locale: elle passerait de 0,515 tonnes à 0,74 tonnes par an et par personne. Enfin, suivant l'orientation des migrations résidentielles, l'émission mobilité des populations concernées peut baisser (cas d'une reconcentration des populations, avec un passage de 0,81 à 0,648 tonnes/pers/an.), comme elle peut augmenter (cas d'une migration tournée vers l'étalement urbain avec une augmentation de 0,515 à 0,822 tonnes).

Mots-clés : émission de CO₂, mobilité individuelle, mobilité résidentielle, mixité sociale

Abstract: This paper is about the environmental impact, measured by the CO₂ emissions of rehabilitation of two segregated neighborhoods in the northern suburbs of Lyon (Vaulx-en-Velin). Its objective is to test the impact of the residential relocations related to a social mix policy on the CO₂ emissions of the daily mobility of the inhabitants at different scales. The CO₂ emissions increases with the income of households and the distance to the center (linked to the growth of the vehicle ownership and the distances covered daily) on the scale of the agglomeration. On a local scale, the search for a better social mix leads to an increase in the CO₂ emissions: it would pass from 0.515 tons to 0.74 t/year/cap. Lastly, according to the orientation of the residential migrations, the CO₂ emissions of the concerned populations can drop (case of a centring of the populations, with a passage from 0.81 to 0.648 t/year/cap as it can raise (case of a urban sprawl, with an increase of 0.515 to 0.822 tons).

Keywords: CO₂ emissions, individual trips, residential mobility, social mix policy

Les travaux autour du développement durable des territoires ont aujourd'hui pris consistance en France, tant d'un point de vue des pratiques (par exemple, 298 Agendas 21 locaux sont recensés en France au printemps 2008, <http://www.agenda21france.org/>), que des réflexions plus théoriques (Theys, 2001; Lagagnier et al., 2002).

En matière de recherche, depuis le début des années 2000, plusieurs travaux ont été réalisés au croisement des dimensions environnementale et sociale, sur le thème des inégalités écologiques (Lucas et al., 2004 ; Laigle, 2004 ; Villalba et Zaccai, 2007) et notamment la mise en lumière des impacts environnementaux négatifs des infrastructures de transports sur les populations les plus défavorisées. Par contre, si cette question des conséquences sociales des impacts environnementaux des politiques d'aménagement et de transports commence à être défrichée, la relation inverse de la prise en compte des conséquences environnementales des politiques sociales reste à notre connaissance peu explorée (Diebolt et al., 2005 ; Cornut et al., 2007).

C'est dans ce contexte que, en partenariat avec la Mission Ecologie du Grand Lyon, nous nous sommes interrogés sur les variations des émissions de CO₂ liées aux mobilités individuelles que pourraient entraîner un réaménagement urbain de grande ampleur destiné à favoriser plus de mixité sociale dans les quartiers défavorisés du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe de Vaulx-en-Velin, dans la banlieue lyonnaise. En effet, un réaménagement profond de ces quartiers a été programmé, d'une part en refondant le bâti (destruction des immeubles actuels pour les remplacer par un habitat moins haut, de type semi collectif) et d'autre part en favorisant une plus grande mixité sociale (politique d'accès à la propriété, redistribution d'une part des logements sociaux de ces quartiers vers le reste du territoire lyonnais). Plus de 1 800 logements devraient ainsi être détruits, et environ 1 600 reconstruits pour accueillir une population économiquement plus favorisée (Grand Lyon, 2006). Focalisées sur des territoires et des populations pauvres, ces politiques ont pour objectif de revenir vers plus de mixité sociale pour lutter contre certains effets de quartier liés à la concentration résidentielle et scolaire des populations défavorisées et à leur mauvaise réputation. Nous ne nous sommes pas penchés dans cet article sur les débats autour de la pertinence de cet objectif - ne serait-il pas aussi intéressant relancer une mixité des quartiers les plus aisés ?- et sur les effets pervers qu'il peut présenter – les populations modestes relogées ne risquent-elles pas de se retrouver encore dans des zones défavorisées ? (Bouzouina, 2007, 2008). Nous avons plutôt pris le parti de saisir l'opportunité pour nous interroger sur les conséquences environnementales que pouvaient avoir une politique de réhabilitation à volonté sociale.

Ainsi, cet article présente la méthode que nous proposons et les résultats obtenus pour mesurer l'évolution des émissions de CO₂ liées à la mobilité des ménages concernés par le projet. La réhabilitation des quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe n'en étant qu'à ses débuts au moment de notre étude (quelques immeubles commençaient à être condamnés, mais aucun n'étaient encore détruits), une observation de type avant – après n'était pas possible pour répondre à cette question. Il a donc été choisi d'utiliser l'enquête ménages déplacements lyonnaise de 1995 pour rendre compte de différents contextes de mobilité et les variations d'émissions de CO₂ impliquées. Ainsi, plus qu'une mesure précise de l'impact du projet d'urbanisme sur les mobilités c'est une estimation de la fourchette des variations possibles de ces mobilités et de leur taux d'émission de CO₂ en fonction des termes de la mise en œuvre du projet qui a été réalisée. Les résultats proposés ont donc plus vocation à fixer les ordres de grandeurs des enjeux et aider la réflexion avant décision qu'à prévoir ce que sera vraiment le taux d'émission de CO₂ après projet.

Pour ce faire, trois types de mobilité ont été distingués, en fonction de la manière dont le projet pouvait les affecter, et trois scénarios de mobilité résidentiels ont été imaginés (§1) car, comme nous le verrons, suivant la provenance des nouveaux résidents et la destination des anciens, les résultats peuvent varier sensiblement. Quelques précisions méthodologiques seront également apportées sur la mesure de la mixité, de la mobilité et des émissions de CO₂ (§2), avant de présenter les résultats obtenus (§3).

Trois scénarios de mobilité résidentielle pour représenter la mobilité quotidienne et ses émissions de CO₂

Les émissions de CO₂ liées à la mobilité terrestre sont fortement liées aux distances parcourues en voiture particulière. Elles dépendent donc d'une part du niveau de vie et de l'accès à l'automobile et d'autre part de la localisation de la population considérée (Nicolas, David, 2009). L'impact d'un projet de renouvellement urbain encourageant plus de mixité sociale ne se joue dès lors pas simplement sur les cheminements de proximité, à l'intérieur du quartier pauvre, mais également sur les modifications de mode de vie et de comportements entraînées par les changements de populations, en lien avec leurs pratiques spatiales et les localisations de leurs activités quotidiennes (emplois, écoles, commerces, etc.). Il importe dès lors d'une part de distinguer différents types de mobilité pour mieux se rendre compte de où se jouent les évolutions potentielles des émissions de CO₂ et d'autre part de s'interroger sur les mouvements de population impliqués par le projet : qui vient, qui part, en venant d'où, pour aller où ? Comme nous le verrons, des résultats sensiblement différents peuvent être obtenus selon les cas.

Trois échelles de territoire pour les déplacements

Trois niveaux de territoire emboîtés peuvent être distingués pour mieux mettre en évidence l'impact d'un projet urbain sur la mobilité des résidents et leurs émissions de CO₂ associées : le niveau local du quartier, le territoire des mobilités quotidiennes et l'espace incluant la mobilité à longue distance.

Le niveau du quartier, où se réalisent les *mobilités de proximité*, correspond à l'échelle du projet proprement dite. Son impact sur l'environnement et le cadre de vie peut être profond. Les mobilités de proximité pourront être fortement modifiées, avec des cheminements différents, et éventuellement les modes doux comme la marche à pied et le vélo favorisés. En revanche, son poids dans les émissions de CO₂ de la mobilité apparaît très limité. Par exemple, en 1995 sur l'agglomération lyonnaise, les déplacements de moins de 1 km représentaient 34 % des déplacements mais seulement 4,4 % des distances parcourues et 2,0% des émissions du CO₂ liées à la mobilité quotidienne de la population.

Pour rendre compte de l'intérêt du projet sur le cadre de vie à ce niveau local, d'autres indicateurs mériteraient d'être utilisés, comme par exemple le partage modal au sein des déplacements de quartier, les expositions des résidents aux nuisances sonores du trafic ou, éventuellement, les émissions de polluants atmosphériques locaux.

L'espace de la *mobilité quotidienne*, correspond au territoire sur lequel se réalise l'essentiel des déplacements en cours de semaine, pour aller travailler ou étudier, faire ses achats, ses démarches ou ses loisirs. Nous l'assimilerons à l'aire de l'agglomération lyonnaise.

C'est à ce niveau que vont s'opérer les échanges résidentiels entre les populations venant s'installer et celles quittant le quartier du fait du projet de réhabilitation. Selon les niveaux de vie et les changements de localisation impliqués, on pourra avoir un solde positif ou négatif des distances parcourues en automobile et donc des variations des émissions de CO₂ liées à la mobilité.

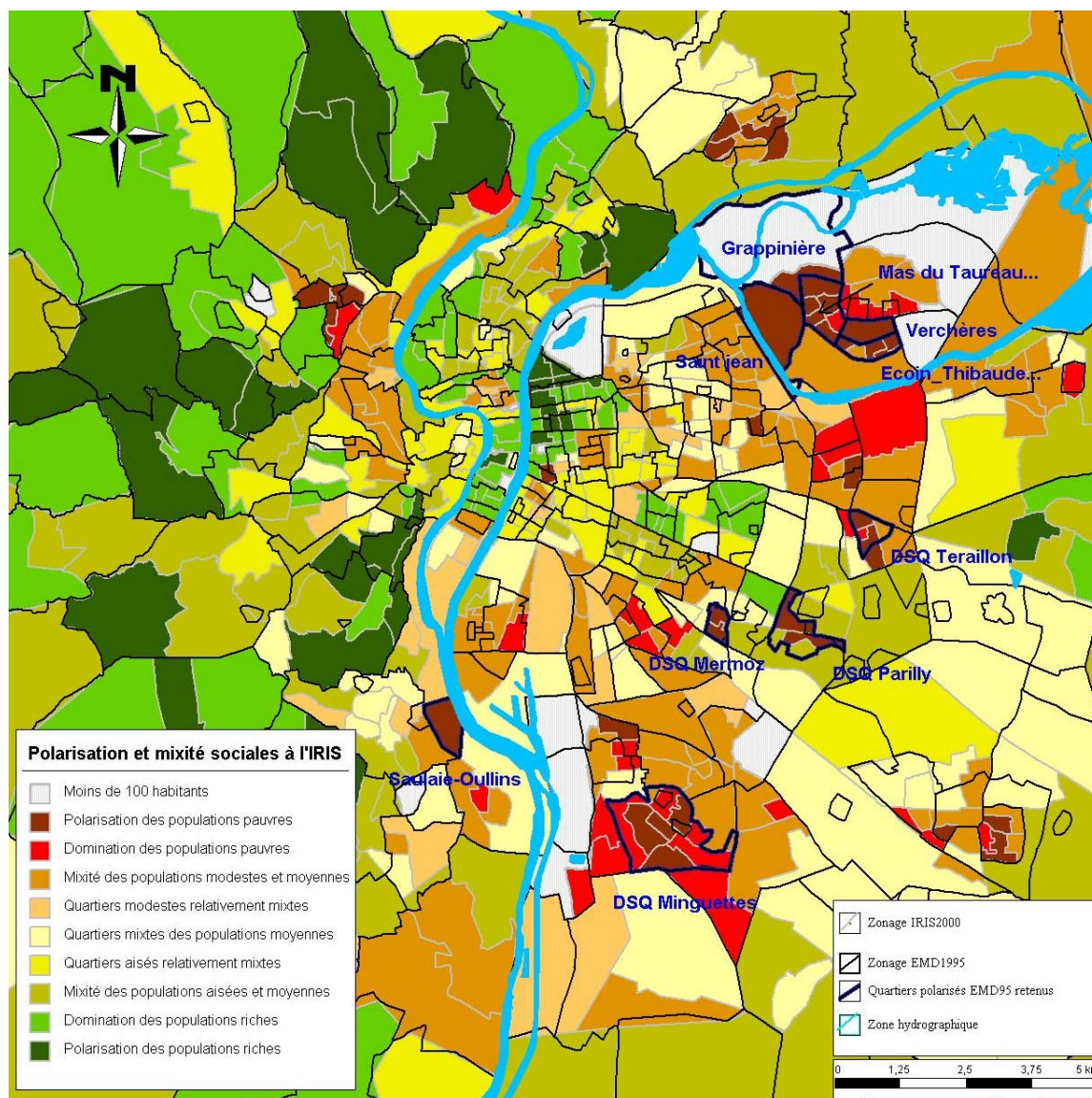
Un niveau plus large, enfin, pourra inclure les *mobilités à longue distance*. L'enjeu de cette échelle est considérable puisqu'en 1994 les déplacements réalisés à plus de 80 kilomètres du domicile représentaient déjà 40% des émissions de CO₂ pour 1% des déplacements réalisés par la population française (Raux et al., 2005), et que ce sont eux qui ont le plus augmenté depuis. En revanche, ils restent beaucoup plus affectés par les niveaux de revenus que par les localisations résidentielles (voir par exemple Orfeuil, Soleyret, 2002) et nous ferons l'hypothèse qu'un projet de quartier ne devrait pas avoir de conséquence sur ce type de déplacements.

Prendre en compte les conséquences des mouvements résidentiels impliqués par le projet

C'est donc la mobilité quotidienne à l'échelle de l'agglomération qui apparaît la plus susceptible de jouer sur les émissions de CO₂. Il importe dès lors de prendre en compte la provenance et le niveau

de vie des nouveaux résidents ainsi que la destination des populations modestes qui quitteront les deux quartiers concernés par le projet (Bouzouina, 2008).

Figure 1- La polarisation et la mixité sociale des quartiers de l'aire urbaine lyonnaise



à partir des données INSEE-DGI 2005, IGN

Typologie basée sur le pourcentage de la population du quartier IRIS dans chaque quintile de revenu.

En marron, on trouve les quartiers avec une distribution des populations par revenu UC cohérente avec celle des quartiers vaudais du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe). D'après les données de l'enquête ménage 1995 et les données fiscales de l'année 2001 de l'INSEE-DGI.

La population actuelle des quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe, comme les autres quartiers défavorisés de l'agglomération, présente un profil de répartition des revenus fortement typé, avec 64 % de ses habitants appartenant au premier quintile de revenu¹ de l'aire urbaine de Lyon (cf. Figure 1).

Dans le cadre d'un scénario idéal, nous avons supposé que le projet de réaménagement permettra d'atteindre une mixité sociale totale, avec une répartition des quintiles de revenus équivalente à

¹ Pour prendre en compte les économies d'échelle réalisables en fonction de la taille des ménages, les revenus utilisés ici sont calculés par UC (Unités de Consommation). L'INSEE propose ainsi de compter la première personne pour 1, puis tous les autres adultes pour 0,5 et les enfants de moins de 15 ans pour 0,3. Les calculs sont réalisés à partir de la base 2001 de la Direction Générale des Impôts fournie à l'IRIS par l'INSEE.

celle de la moyenne de l'aire urbaine. Dans les faits, l'ambition du projet reste plus limitée, mais nous avons choisi de pousser le scénario de mixité sociale jusqu'au bout pour établir des fourchettes limites, sachant qu'ainsi les tendances sont données et les ordres de grandeur des impacts que l'on peut attendre sur les émissions de CO₂ des déplacements sont fixés².

Par ailleurs, des scénarios très différents de mouvements résidentiels susceptibles d'affecter sensiblement les mobilités quotidiennes à l'intérieur de l'agglomération peuvent être imaginés. En effet, pour rendre compte de l'impact potentiel de ces mouvements, nous avons procédé par scénarios mettant en avant un cas de mouvement « neutre », où tout se passe en première couronne, un mouvement de reconcentration et un mouvement d'étalement (cf. tableau. 1).

Tableau 1. Les scénarios de mouvements résidentiels

<u>Neutre :</u>	Les personnes à revenu modeste quittant les quartiers testés s'établissent en 1 ^{ère} couronne ; les nouveaux résidents proviennent de 1 ^{ère} couronne
<u>Reconcentration :</u>	Les personnes à revenu modeste quittant les quartiers testés s'établissent dans le centre ; les nouveaux résidents proviennent de 2 ^{ème} couronne
<u>Etalement :</u>	Les personnes à revenu modeste quittant les quartiers testés s'établissent en 2 ^{ème} couronne ; les nouveaux résidents proviennent du centre

Estimer les mobilités et leurs émissions de CO₂ – éléments de méthode

L'enquête ménages déplacements lyonnaise de 1995 a dès lors été utilisée pour établir 15 profils de mobilité et les 15 niveaux d'émissions de CO₂ correspondantes en croisant les cinq quintiles de revenu avec les trois localisations résidentielles possibles. Les anciens et les nouveaux résidents basculent d'un type à l'autre en fonction de leurs zones de déménagement et les profils établis permettent d'estimer l'impact du projet à partir des variations d'émissions impliquées par les différents scénarios envisagés.

Dans ce cadre, les scénarios proposés et les estimations réalisées fournissent une bonne idée de l'ampleur des variations possibles des émissions de CO₂ liée aux impacts du projet sur les mobilités individuelles. Avant de présenter les résultats obtenus, il reste à présenter rapidement cette enquête ménages, ses avantages et ses limites, ainsi que la manière dont les émissions de CO₂ en ont été déduites.

Le recours à l'enquête ménages déplacements lyonnaise de 1995

Les habitants de la plupart des grandes agglomérations françaises sont régulièrement enquêtés – tous les 10 ans environ – pour connaître leur mobilité quotidienne. Etablies sur la base d'une procédure standard contrôlée par le CERTU, ces enquêtes permettent de réaliser des comparaisons entre agglomérations et d'observer les évolutions des comportements.

L'unité statistique d'observation est le ménage, à l'intérieur duquel toutes les personnes de cinq ans et plus sont interrogées ; l'enquête se déroule du mardi au samedi et les déplacements réalisés la veille du jour d'enquête sont systématiquement saisis. Les principales caractéristiques socio-économiques des ménages et des personnes sont recueillies et une description fine des déplacements est réalisée (origine, destination, motif, mode(s) utilisé(s), horaires, etc.). En 1995, l'enquête lyonnaise a permis de recueillir les caractéristiques de 6001 ménages, soit 13 997 personnes de cinq

² Soulignons que cette hypothèse de mixité sociale totale n'est pas en soi irréaliste, et que plusieurs quartiers de l'agglomération lyonnaise présentent ce profil d'une répartition équilibrée des profils de revenu, comme par exemple le quartier du Tonkin à Villeurbanne (cf. les zones en jaune pâle sur la [figure 1](#)).

ans et plus ayant réalisé 53 213 déplacements. Cet échantillon a été tiré au sein d'un territoire élargi débordant du périmètre de la Communauté Urbaine et représentant une population totale de 536 000 ménages et 1 280 000 personnes (moins de 5 ans incluses).

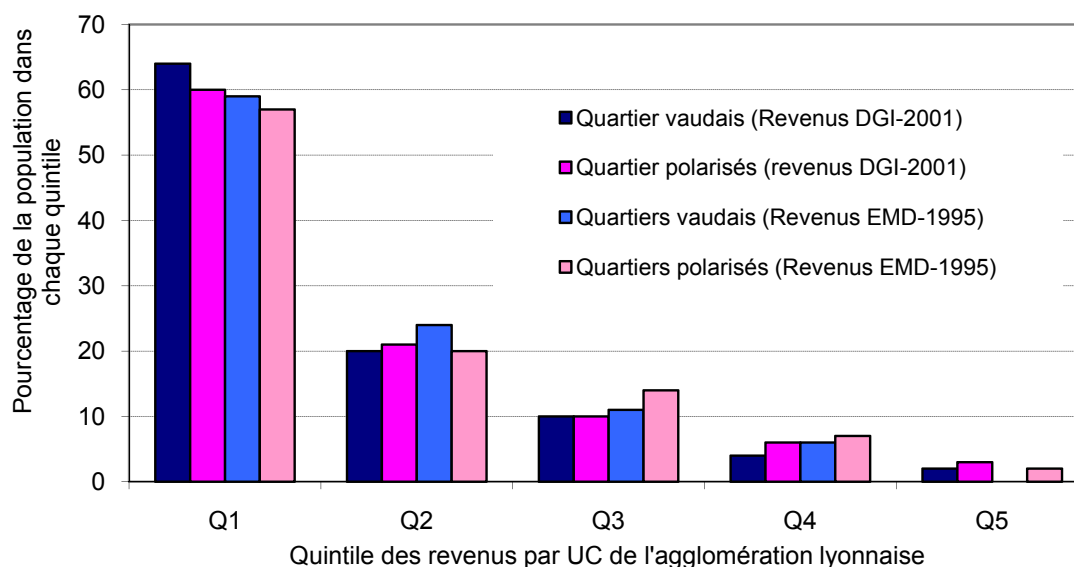
Du fait des caractéristiques de l'enquête, certaines limites de notre définition des espaces de mobilité (proximité, quotidien, longue distance) peuvent être soulignées. D'une part, la mobilité quotidienne s'arrête au périmètre enquêté, alors qu'il aurait pu être envisagé de l'élargir à l'aire urbaine. D'autre part, seule la mobilité de semaine est recueillie, et celle du week-end n'est pas prise en compte. Nous supposons cependant que nos résultats, établis dans ce cadre un peu restreint, restent indicatifs des tendances générales.

Enfin, ces données peuvent apparaître relativement anciennes. Les résultats qu'elles permettent d'obtenir fournissent néanmoins un cadre pertinent pour montrer les tendances et les mécanismes à l'œuvre – les mobilités évoluent, mais leurs logiques n'ont pas été bouleversées en 15 ans.

Questions de représentativité

Travaillant à partir des revenus et de la localisation des individus pour en déduire leur mobilité, il apparaît nécessaire de s'interroger sur la capacité de l'enquête ménages à représenter ces deux variables.

Figure 2. Cohérence de la distribution des populations par revenu UC entre les données de l'enquête ménage 1995 et les données fiscales de l'INSEE-DGI (2001)



Source : à partir des données INSEE-DGI 2005, EMD 1995.

Tout d'abord, 86 % des ménages ont répondu à la question du revenu posée au cours de l'enquête. Le revenu dans ce type d'enquêtes « interview », même s'il est censé prendre en compte les prestations sociales par exemple, est largement sous-estimé par rapport au revenu fiscal de la DGI. Ainsi, la moyenne globale établie au sein de l'agglomération laisse apparaître une sous estimation d'environ 15 % liée à l'omission de certains revenus hors salaires chez les ménages favorisés. Cependant, la structure des revenus par quintile est bien respectée et le revenu moyen dans les quartiers pauvres est relativement le même entre les deux sources de données de la Direction Générale des Impôts de 2001 et l'enquête ménage déplacements lyonnaise de 1995 (cf. Figure 2).

Il n'y a par ailleurs pas de problème de représentativité à croiser les 5 quintiles de revenu avec les trois types de localisation envisagés. Il y a en moyenne 400 ménages dans chaque classe, avec un minimum de 275 pour les ménages du 4^{ème} quintile en 1^{ère} couronne.

En revanche, rendre compte de la mobilité des résidents actuels des quartiers du Mas du Taureau et du Pré de l'Herpe à partir de l'enquête ménages est plus délicat car seulement 43 ménages y ont été

interrogés, dont moins de 30 appartenant au 1^{er} quintile. Plutôt que de rester à cette limite de la représentativité statistique, nous avons utilisé la base DGI pour sélectionner d'autres zones fortement polarisées en termes de revenu, avec des caractéristiques similaires de localisation en 1^{ère} couronne et d'offre en transports collectifs. L'échantillon de 441 ménages ainsi obtenu permet d'obtenir des résultats convergents avec ceux des quartiers vaudais, tant en termes de taux de motorisation que de caractéristiques de mobilité. Ce sont les chiffres moyens de l'ensemble des quartiers sélectionnés qui ont été utilisés pour les calculs.

Tableau 2. Caractéristiques de la mobilité des habitants des quartiers polarisés.

	Ménages enquêtés	Nb de ménages (redressé)	Nombre de personnes	Nombre de déplacements	Revenu annuel moyen par ménage €95 (EMD)	Nb de déplacements/ pers/jour	Nombre de VP disposées par ménage
Quartiers polarisés	441	24 532	62 082	205 862	8 621	3,32	0,82
Total Agglomération	6 001	536 316	1 195 131	4 460 893	14 642	3,73	1,15

Source : à partir des données EMD 1995.

Le calcul des émissions de CO₂

Les émissions de CO₂ liées aux transports sont d'abord et avant tout liées à la combustion des carburants fossiles. Cependant, une telle approche reste limitée et les bilans basés sur l'analyse du cycle de vie, plus complets, poussent à prendre également en compte les émissions liées à la fabrication et à l'entretien des véhicules (Jancovici, 2004).

Les calculs des émissions de CO₂ reposent sur la méthodologie proposée dans le programme européen MEET (European Communities, 1999), dont les travaux servent de référence au modèle de calcul d'émissions IMPACT de l'ADEME (2003). Les adaptations liées aux spécificités de l'enquête ménages son présentées en détail dans (Nicolas et al, 2001). Pour l'automobile, MEET fournit des courbes d'émissions en fonction de la vitesse moyenne sur le parcours, de la cylindrée, de l'âge et du type de carburation des véhicules. L'enquête ménages fournit directement l'information sur ces deux dernières caractéristiques. La puissance fiscale des véhicules est précisée, à partir de laquelle, âge et carburation aidant, la cylindrée a pu être inférée selon la méthode proposée par Gallez et Hivert (1998). Les distances et les vitesses ont été recalculées à partir d'un modèle de trafic. Enfin, les surémissions liées aux démarrages à froid ont été estimées à partir des coefficients proposés par MEET.

Concernant l'énergie nécessaire à la construction, l'entretien et au traitement de fin de vie des véhicules, les travaux de Jean-Marc Jancovici pour l'ADEME nous ont conduit à imputer 30 % d'émissions supplémentaires à celles liées à la circulation (Jancovici, 2004). Concernant les transports collectifs, la masse de carbone émise pour la construction et l'entretien a été établie au prorata de la masse des différents types de véhicules (autobus, métro). Elle correspond alors à 25 % des émissions liées aux passagers.kilomètres. Pour la marche à pied et le vélo, les émissions ont été mises à zéro.

Un bilan complet aurait nécessité de prendre en compte les émissions liées à la construction et à l'entretien des infrastructures de transport. Au niveau d'une route départementale française moyenne, celles-ci peuvent être estimées de l'ordre de 30 % du total des émissions de CO₂ impliquées tant par l'ouvrage que par les circulations qu'il reçoit (Willmann, 2008). Même si le ratio est sans doute différent dans un cadre urbain où le taux d'usage des infrastructures est beaucoup plus important, l'impact de cette phase est donc loin d'être négligeable dans le bilan. Ne pas prendre en compte ces émissions spécifiques revient à supposer que les conséquences du projet de réhabilitation sur les trafics dans l'agglomération restent marginales et ne justifient pas d'ajustement au niveau de l'offre viaire.

Les impacts du projet de réhabilitation sur les émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne

Avant de présenter les variations importantes d'émissions de CO₂ suivant les scénarios de mobilité résidentielle envisagés, il apparaît intéressant de se pencher sur les caractéristiques de mobilité quotidienne dans les quartiers défavorisés de première couronne pour comprendre comment elles pourront être modifiées par une meilleure mixité sociale.

Cette seconde partie de l'article détaille et commente ces résultats. Nous revenons tout d'abord sur les caractéristiques de mobilité quotidienne dans les quartiers défavorisés de première couronne pour comprendre comment elles peuvent être modifiées par une meilleure mixité sociale. Nous nous penchons ensuite sur les variations d'émissions de CO₂ induites par les scénarios de mobilité résidentielle envisagés.

Les spécificités de la mobilité dans les quartiers défavorisés

Le taux moyen de déplacements d'un habitant de ces quartiers est identique à la moyenne lyonnaise. En revanche, son taux de motorisation est nettement moins important (0,82 véhicules par ménage contre 1,15 pour l'ensemble de l'agglomération), ce qui induit des différences de mobilité selon le mode utilisé et les distances parcourues.

Tableau 3. Part modale des déplacements des habitants des quartiers polarisés par rapport à l'ensemble de l'agglomération lyonnaise

	Quartiers défavorisés de 1 ^{ère} couronne	Agglomération lyonnaise
Marche à pied	41,9	32,0
Vélo	0,6	0,7
2 roues à moteur	0,2	0,6
Transport en commun	18,8	13,0
Voiture conducteur	28,5	41,2
Voiture passager	9,5	12,1
Autres modes	0,4	0,4

à partir des données EM95

La répartition des déplacements par mode (tableau 3) nous montre la part importante de la marche à pied et du transport en commun dans le quotidien des quartiers polarisés de première couronne (42 % des déplacements se font à pied contre 32 % pour la moyenne lyonnaise). L'usage de la voiture particulière est largement moins important (38 %) par rapport à la moyenne de l'agglomération (53 %).

De même, on peut souligner que l'ensemble des déplacements de ces populations se fait à l'intérieur de l'agglomération. La part des déplacements sortants du périmètre de l'enquête ménage ne représente que 1,5 % par rapport à 4,3 % pour l'ensemble de l'agglomération lyonnaise.

Si la marche à pied est le principal mode de déplacements quotidiens dans ces quartiers, elle reste limitée aux déplacements de proximité. La part des distances parcourues à pied, bien que légèrement plus importante que la moyenne de l'agglomération, ne dépasse pas 7 % des distances totales. La part la plus importante des distances parcourues par les populations des quartiers défavorisés est, certes, associée à la voiture (61 %), mais une partie importante reste réservée aux

transports en commun (31 %) ; par comparaison, à l'échelle de l'agglomération, plus de 75 % des distances sont parcourues en voiture et seulement 18,3 % en transports en commun (tableau 4).

Tableau 4: Part modale des distances parcourues des habitants des quartiers polarisés par rapport l'ensemble de l'agglomération lyonnaise

	Quartiers défavorisés de 1 ^{ère} couronne	Agglomération lyonnaise
Marche à pied	7,0	5,2
Vélo	0,2	0,6
2 roues à moteur	0,2	0,6
Transport en commun	31,4	18,3
Voiture conducteur	46,9	60,5
Voiture passager	14,3	14,8

à partir des données EM95

La composante sociale des quartiers défavorisés confirme l'analyse effectuée à partir des revenus (Figure 2). Les chômeurs, les inactifs et les ouvriers sont nettement surreprésentés tandis que les cadres supérieurs, les artisans et les professions intermédiaires sont largement inférieurs par rapport à l'ensemble de l'agglomération. La plupart des distances sont parcourues par des ouvriers, des scolaires et des employés (respectivement 24 %, 21 % et 19 % - tableau 5). En utilisant la voiture particulière en tant que conducteur, les ouvriers et les employés parcourent 26 % des distances. Par ailleurs, 14 % des distances sont effectuées par des scolaires utilisant les transports en commun. Par comparaison, au niveau de l'agglomération, ce sont les cadres et les classes moyennes et notamment les professions intermédiaires qui parcourent le plus de distances en voiture conducteur. Le faible pourcentage de ces catégories dans les quartiers défavorisés contribue à la réduction des émissions de CO₂.

Tableau 5: Pourcentage de chaque catégorie sociale (CS) et sa part de distance dans le quartier vaudais et l'agglomération lyonnaise

	Quartiers défavorisés de 1 ^{ère} couronne		Agglomération lyonnaise	
Catégorie sociale	% CS	distance par CS (%)	% CS	distance par CS (%)
Artisans	1,7	4,1	2,8	3,7
Chômeurs	10,1	7,8	4,9	4,6
Cadres supérieurs	0,9	1,6	8,0	10,2
Employés	13,3	18,6	14,6	17,1
Etudiants	3,6	3,8	6,9	7,7
Inactifs	8,3	4,7	4,8	2,7
Ouvriers	17,3	23,7	9,2	12,6
Professions intermédiaires	5,5	8,3	12,8	18,1
Retraités	9,7	5,9	16,0	10,3
Scolaires	29,5	21,4	20,0	13,0

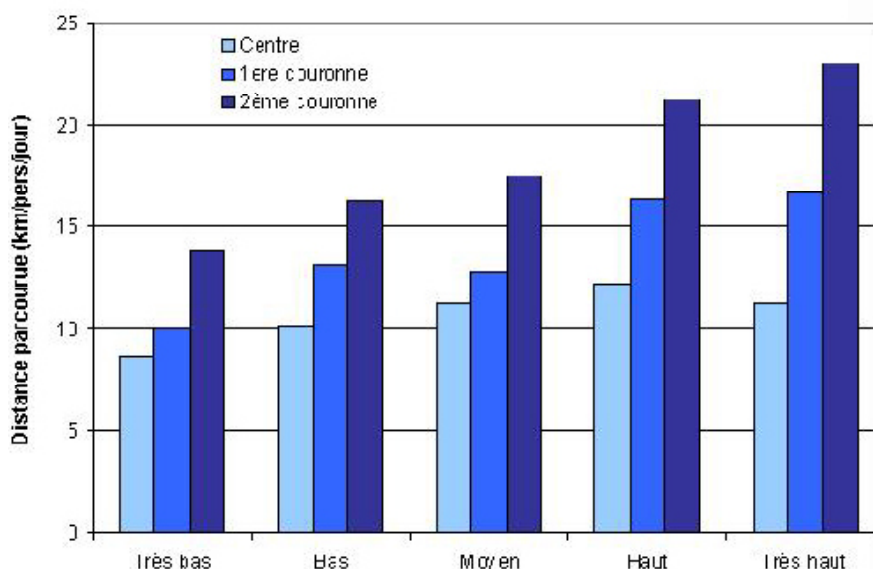
à partir des données EM95

Nous reviendrons par la suite sur la répartition des distances parcourues par groupe de revenu et par mode sur le quartier vaudais et sur l'ensemble de l'agglomération lors du calcul des émissions de CO₂.

Les émissions actuelles de CO₂

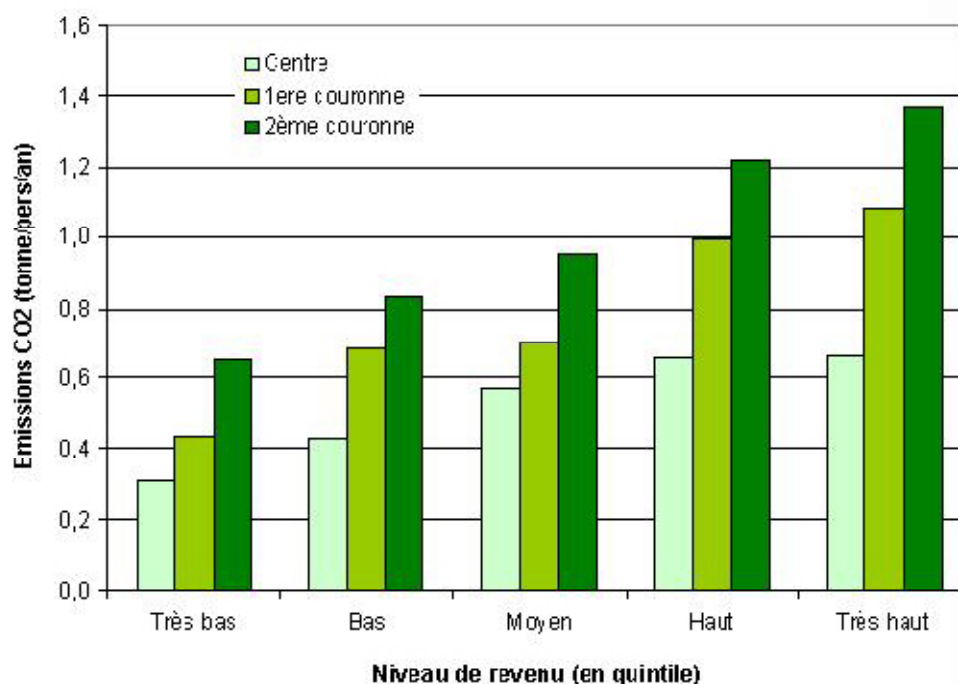
À l'échelle de l'agglomération, les distances parcourues et les émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des lyonnais, sont positivement corrélées avec la localisation résidentielle et le niveau de revenus des ménages (Figures 3 et 4). Ces deux variables affectant les niveaux de motorisation et les distances parcourues notamment en voiture conducteur (tableau 8). Ainsi, entre les deux extrêmes, un habitant du centre à très faible revenu émet quatre fois moins de CO₂ par rapport à un habitant très aisé de la deuxième couronne (respectivement 0,311 et 1,372 t/an, pour 0,737 t/an en moyenne sur l'agglomération – cf. Figure 4, tableau 8). Ce dernier est quatre fois plus motorisé et parcourt trois fois plus de distances, dont 76 % en voiture conducteur contre seulement 32 % pour le premier. La mixité fonctionnelle du centre ainsi que le maillage de son réseau font, en partie, que respectivement 12,5 % et 40 % des distances parcourues par les habitants du centre à très faible revenu sont effectuées à pied et en transport en commun.

Figure 3. Distances quotidiennes parcourues (en km/j/pers) en fonction du revenu et de la localisation résidentielle



à partir des données EM95

Figure 4. Emissions de CO2 liées à la mobilité quotidienne (en t/an/pers) en fonction du revenu et de la localisation résidentielle



à partir des données EM95

À l'échelle des quartiers défavorisés de première couronne (donc semblables au quartier vaudais), le taux moyen d'émission de CO₂ par habitant est nettement moins important que celui de la moyenne de l'agglomération lyonnaise ou de la même couronne. Un vaudais moyen émettrait 0,515 tonnes de CO₂ par an (tableau 6) contre 0,737 pour un lyonnais moyen et 0,762 pour un habitant de la 1^{ère} couronne (Figure 4, tableau 8). Par ailleurs, les émissions des populations à faible revenu restent du même ordre de grandeur en 1^{ère} couronne et en moyenne sur l'agglomération (respectivement 0,373 et 0,431 tonnes/an), notamment parce qu'elles sont en grande partie concentrées dans les quartiers polarisés de la première couronne. En revanche, les classes moyennes et aisées de ces quartiers ont pratiquement le même taux d'émission de CO₂ que celui des habitants de la 1^{ère} couronne ou de l'ensemble de l'agglomération. L'installation de nouvelles populations appartenant aux classes moyennes et aisées ne pourra donc qu'accroître le niveau d'émissions dans ce quartier à dominante très pauvre.

Tableau 6 : Distances et émissions de CO2 des habitants des quartiers défavorisés selon le niveau de revenu

Niveau de revenu	Ménages (non redressé)	Population	Budget distance (km/hab/j)	% Distance VPC	% Distance VPP	% Distance TC	% Distance MAP	Emission CO2 (t/hab/an)
Très bas	192	34888	9,4	33,1	15,4	40,8	10,2	0,373
Bas	121	12430	10,9	47,5	14,1	32,1	6,2	0,521
Moyen	82	9148	13,1	59,9	15,4	21,0	3,5	0,713
Haut	38	4402	17,3	80,2	9,2	8,2	1,8	1,066
Très haut	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
<i>Tous</i>	<i>441</i>	<i>62082</i>	<i>11</i>	<i>46,9</i>	<i>14,3</i>	<i>31,4</i>	<i>7</i>	<i>0,515</i>

à partir des données EM95

Scénario de relocalisations résidentielles suivant un objectif de mixité sociale

A quelle échelle présenter les résultats obtenus pour les trois scénarios de mobilité résidentielle impliquée par le projet ? Suivant le focus utilisé, ce ne sont pas les mêmes éléments qui se trouvent éclairés. Les variations des émissions de CO₂ sont différentes selon le scénario et l'échelle concernée (tableau 7).

Tableau 7: Evolution des émissions de CO₂ selon l'échelle et le scénario envisagé

Scénario \ Echelle	Agglomération	Quartier	Population migrante
Neutre	stable	+ 44 %	stable
Reconcentration	- 0,3 %	+ 44 %	+ 60 %
Etalement	+ 0,3 %	+ 44 %	- 20 %

à partir des données EM95

A l'échelle de l'agglomération, les variations d'émissions de CO₂ sont marginales. Les deux quartiers vaudais concentrent à peine 1,3 % de l'ensemble de la population incluse dans le périmètre de l'enquête ménages lyonnaise de 1995, et le nombre de personnes qui changent de domicile du fait du projet est encore plus faible. De ce fait, le scénario de concentration urbaine ne permet qu'une baisse de 0,3 % des émissions liées aux mobilités individuelles au sein de l'agglomération et, symétriquement, le scénario d'étalement ne conduit qu'à une hausse de 0,3 %.

A l'échelle du quartier, un projet de mixité sociale augmente sensiblement les émissions de CO₂ des habitants. Elles passent de 0,515 à 0,740 t/hab/an (+ 44 %) du fait de l'augmentation du niveau de vie moyen du quartier – et ce indépendamment des scénarii puisque la nouvelle composition sociale du quartier est la même dans tous les cas envisagés.

C'est à l'échelle de la population concernée par les déménagements que les résultats sont les plus pertinents. En effet, c'est en s'attachant aux évolutions des mobilités (et des émissions de CO₂ qui y sont liées) des personnes réalisant une mobilité résidentielle du fait du projet que les variations de résultats sont les plus sensibles et les plus significatives :

- ✓ Les résultats sont stables dans le scénario médian puisque les permutations restent au niveau de la première couronne.
- ✓ Selon le scénario de reconcentration urbaine, l'émission moyenne de CO₂ avant projet des populations ciblées était de 0,810 t/hab/an, fortement tirée vers le haut par les ménages aisés de deuxième périphérie. Cette moyenne tombe à 0,648 t/hab/an après les relocalisations de ces populations dans le quartier vaudais et dans le centre, marquant ainsi une baisse de 20 % de leurs émissions.
- ✓ L'émission moyenne des populations concernées par le scénario d'étalement urbain est, en revanche, plus faible par rapport au scénario précédent, car il s'agit des habitants moyens et aisés du centre et des habitants modestes du quartier vaudais. Elle est initialement de 0,515 t/hab/an. En éloignant les ménages du centre, le projet de mixité sociale fait alors augmenter ce niveau à 0,822 t/hab/an, soit une hausse de 60 %.

Conclusion : pour une mixité sociale et une reconcentration urbaine ?

Au-delà des critiques d'ordre social qui peuvent être émises à l'encontre des politiques de mixité résidentielle visant l'amélioration de l'attractivité des quartiers pauvres, nécessaires mais insuffisantes (Bouzouina, 2007), ces opérations représentent une opportunité pour prendre en

compte et sensibiliser l'aménageur aux conséquences environnementales des évolutions de la mobilité quotidienne liées aux migrations résidentielles.

Cette analyse de la mobilité des habitants du quartier vaudais et de l'émission qui lui est associée débouche sur le premier bilan suivant. Le niveau des émissions de CO₂ liées à la mobilité locale augmente avec le revenu du ménage et l'éloignement du centre (en lien avec la croissance du taux de motorisation et des distances parcourues quotidiennement) à l'échelle de l'agglomération. En conséquence, le niveau des émissions de CO₂ des résidents du quartier vaudais est beaucoup moins important que l'émission moyenne des habitants de l'agglomération lyonnaise ou de la 1^{ère} couronne (leur niveau d'émissions moyen est de 0,515 tonnes contre 0,762 tonnes pour les habitants de 1^{ère} couronne). A l'échelle du quartier, la recherche d'une parfaite mixité sociale au sein des quartiers vaudais, en attirant des populations moyennes et aisées, conduit à une augmentation des émissions de CO₂ mobilité locale par habitant : elle passerait ainsi de 0,515 tonnes à 0,74 tonnes par an et par personne (soit + 44 %). Cependant, les impacts du projet dépassent ce cadre puisqu'ils jouent sur l'évolution de la mobilité des nouveaux arrivants (qui va varier différemment selon leur zone de provenance) comme sur celle des habitants quittant le quartier (qui va également varier différemment selon la nouvelle zone de résidence). Ainsi, suivant les migrations résidentielles générées par le projet, les émissions liées à la mobilité de l'ensemble des populations concernées peut baisser (cas d'une reconcentration des populations) comme elle peut augmenter (cas d'une migration tournée vers l'étalement urbain). Dans le cas d'une reconcentration, le niveau d'émissions liées à la mobilité locale du groupe impacté pourrait ainsi passer de 0,810 à 0,648 tonnes/pers/an (soit - 20 %). Dans le cas d'un étalement, elle pourrait augmenter de 0,515 à 0,822 tonnes (soit + 60 %).

Ainsi, le croisement des préoccupations environnementales et sociales – deux domaines qui se croisent encore rarement - peut permettre des améliorations sensibles au niveau des émissions de CO₂ sans altérer les objectifs initiaux d'un projet de réhabilitation et de mixité sociale. Sans surprise, du strict point de vue de son impact sur les mobilités quotidiennes et leurs émissions de CO₂ associées, un tel projet aura un effet positif s'il favorise la reconcentration urbaine, négatif s'il pousse à l'étalement.

Deux remarques pour conclure peuvent être faites pour réinterroger l'indicateur « émissions de CO₂ » utilisé, que nous n'avons pas discuté dans ce texte alors que notre approche centrée sur les problèmes de réchauffement climatique reste réductrice:

D'une part, même si les impacts sur la mobilité de quartier peuvent être importants et modifient considérablement le cadre de vie local, ce n'est pas à l'aune des émissions de gaz à effet de serre qu'ils pourront être mesurés de manière pertinente. D'autres indicateurs devraient être mis en œuvre ici, tels que l'évolutions des émissions de polluants locaux (particules ou NOx par exemple), ou de l'exposition de la population au bruit routier.

D'autre part, si l'indicateur permet en effet de diriger l'action vers des politiques plus performantes en matière d'effet de serre, il passe sous silence les débats autour de l'énergie nucléaire et peut pousser à son développement de manière implicite. Malgré les incertitudes concernant l'avenir pétrolier, il serait préjudiciable de les ignorer.

Bibliographie

- ADEME, 2003, *Logiciel Impact-Ademe. Emissions de polluants et consommation liées à la circulation routière*. Angers, Ademe Editions, 34 p.
- Bouzouina L, 2007, Concentrations spatiales des populations à faible revenu, entre polarisation et mixité. Une analyse de trois aires urbaines en France, *Pensée Plurielle*, n°16, pp.59-72.
- Bouzouina L., 2008, Ségrégation spatiale et dynamiques métropolitaines, Thèse de doctorat de sciences économiques, Université Lumière Lyon 2, 327 p.

- Cornut, P., Bauler, T et E Zaccāi (dir.), 2007, *Environnement et inégalités sociales*, Bruxelles, Editions de l'Université de Bruxelles, 214 p.
- Diebolt W., Helias A., Bidou D et G Crepey., 2005. *Les inégalités écologiques en milieu urbain*. Rapport du Ministère de l'Ecologie et du Développement durable (MEDD). 71 p.
- European Communities, DG VII, 1999, *MEET, Methodology for calculating transport emissions and energy consumption*. Luxembourg, Rapport commun INRETS, AUTH, TRL, TÜV, DTU, 362 p.
- Gallez C et L Hivert., 1998, *BEED: mode d'emploi, synthèse méthodologique pour les études " budgets-énergie-environnement des déplacements "*, Rapport de Convention INRETS/ADEME.
- Grand Lyon, 2006, *Grand projet de ville – Vaulx-en-Velin*. Dossier ANRU. Document technique, 38 p.
- Jancovici J-M., 2004, *Bilan carbone d'une activité industrielle ou tertiaire. Description de la méthode : objectifs, résultats exploitables, choix méthodologiques*. Rapport réalisé pour le compte de l'ADEME, 223p. [<http://www.ademe.fr/bilan-carbone> [avril 2006].
- Langagnier R., Villalba B et B Zuideau., 2002, « Le développement durable face au territoire : éléments pour une recherche pluridisciplinaire », *Développement durable et territoire*, Dossier 1 : approches territoriales du développement durable. 21 p. [<http://developpementdurable.revue.org/document774.html>]
- Laigle L et V Oehler., 2004, *Les enjeux sociaux et environnementaux du développement urbain : la question des inégalités écologiques*, Rapport CSTB pour le PUCA – MELT. 100 p.
- Lucas K., Walker G., Eames M., Fay H et M Poustie., 2004, *Environment and Social Justice : rapid research and evidence review*, Final report, SDRN, DEFRA. 128 p.
- Nicolas J-P., Pochet P et H Poimboeuf., 2001, *Indicateurs de mobilité durable sur l'agglomération lyonnaise*. Lyon, LET, Coll. Etudes & Recherches n°16, 128 p.
- Nicolas J-P et D David., 2009, "Passenger transport and CO2 emissions: What does the French transport survey tell us?" *Atmospheric Environment* n°43, 2009. pp. 1015-1020.
- Orfeuil J-P et D Soleyret., 2002, Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance. *Recherche Transport Sécurité* n°76, p. 208-221.
- Raux C., Traisnel J-P., Nicolas J-P et K Delvert., 2005, *Bilans énergétiques Transport-Habitat et méthodologie BETEL*. Rapport R2. Action concertée CNRS - Ministère de la Recherche. LET, Lyon, 138 p.
- Theys J., 2000, « Développement durable, villes et territoires. Innover et décroiser pour anticiper les ruptures », DRAST, *Note du CPVS* n°13. 135 p.
- Villalba B et E Zaccāi, « Inégalités écologiques, inégalités sociales : interfaces, interactions, discontinuités ? », *Développement durable et territoires* [En ligne], Dossier 9 : Inégalités écologiques, inégalités sociales, mis en ligne le 02 septembre 2007, Consulté le 24 août 2009. URL : <http://developpementdurable.revues.org/index3502.html>
- Willmann C., 2008, *Bilan carbone d'une infrastructure de transport*. Vaulx-en-Velin, ENTPE, travail de fin d'études. 73 p.

Tableau 8 : Calcul des distances et des émissions par mode de déplacement dans l'ensemble de l'agglomération lyonnaise selon le niveau de revenu et de la localisation résidentielle

Lyon	Niveau de revenu	Ménages (Non redressé)	Ménages	Population	revenus moyens (euros95 /an/ménage)	Nombre de déplacements (dep/pers/jour)	taux de motorisation (veh/ménage)	Budget temps (min/pers/jour)	Budget distance (km/hab/jour)	% Distance VPC	% Distance VPP	% Distance TC	% Distance MAP	Emission CO2 (tonne/hab/an)
Centre	Très bas	661	62411	113866	5389	3,5	0,47	61,3	8,7	32,1	14,8	39,7	12,5	0,311
	Bas	345	42852	82258	8767	3,8	0,92	58,7	10,1	46,1	18,0	25,6	9,7	0,432
	Moyen	439	55942	111964	12305	3,8	0,88	60,1	11,2	54,3	13,6	22,0	8,3	0,568
	Haut	389	55499	104530	17071	4,1	1,00	62,7	12,2	58,5	13,5	19,5	7,1	0,658
	Très haut	402	56739	117366	29949	4,0	1,41	56,0	11,2	65,2	10,4	15,7	7,5	0,666
	Tous	2236	273443	529984	14801	3,8	0,93	59,7	10,7	52,7	13,7	23,6	8,8	0,531
PER1	Très bas	337	24036	66989	5591	3,2	0,73	54,2	10,0	38,6	15,0	37,7	8,1	0,434
	Bas	396	28830	63077	8869	3,7	1,11	58,2	13,1	55,7	14,0	22,3	5,3	0,684
	Moyen	312	21366	49830	12578	3,5	1,23	54,7	12,8	60,3	15,3	19,3	4,3	0,701
	Haut	275	20768	48968	16956	4,1	1,42	60,3	16,3	68,8	15,8	11,9	3,1	0,998
	Très haut	317	24963	57921	28440	3,8	1,74	62,3	16,7	73,6	12,3	11,5	2,4	1,081
	Tous	1637	119963	286785	14345	3,6	1,24	57,9	13,6	60,6	14,3	19,7	4,4	0,762
PER2	Très bas	330	20837	60380	5687	3,4	1,04	59,3	13,9	51,3	16,7	24,4	5,7	0,653
	Bas	547	35660	91301	9134	3,6	1,41	54,3	16,2	61,6	18,3	14,5	3,7	0,831
	Moyen	442	29992	78223	12643	3,6	1,45	56,9	17,5	65,6	15,8	14,5	2,8	0,953
	Haut	440	30953	84472	17033	3,8	1,66	61,5	21,2	71,2	14,3	11,2	1,8	1,216
	Très haut	369	25468	63804	28830	3,7	1,95	61,8	23,0	76,0	16,0	6,4	1,1	1,372
	Tous	2128	142910	378180	14589	3,6	1,51	58,5	18,4	66,7	16,1	13,1	2,7	1,005
Tous	Très bas	1328	107284	241234	5492	3,4	0,64	58,8	10,4	40,3	15,5	34,0	9,1	0,431
	Bas	1288	107342	236636	8916	3,7	1,13	56,9	13,2	56,0	17,1	19,5	5,7	0,653
	Moyen	1193	107300	240017	12454	3,7	1,11	57,9	13,6	60,2	14,9	18,3	5,2	0,721
	Haut	1104	107220	238044	17038	4,0	1,27	61,7	16,2	66,5	14,3	14,1	3,8	0,926
	Très haut	1088	107171	239199	29331	3,9	1,62	59,1	15,7	71,6	13,1	11,0	3,7	0,955
	Tous	6001	536317	1195130	14642	3,7	1,15	58,9	13,8	60,5	14,8	18,3	5,2	0,737

à partir des données EM95

3. Evolutions des émissions de CO₂ liées aux mobilités quotidiennes entre 1995 et 2006 : qui est concerné et où ?

Bouzouina L., Nicolas J-P., Vanco F., 2009, « Evolution des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des lyonnais entre 1995 et 2006 : quels déterminants ? », XLVI^{ème} colloque de l'ASRDLF *Entre projets locaux de développement et globalisation de l'économie, quels équilibres pour les espaces régionaux ?* Clermont Ferrand, 6-8 juillet 2009.

Bouzouina L., Nicolas J-P., Vanco F., 2010, "CO₂ Emissions and Daily Mobility: Factors for Change. The Case of the Lyon Urban Area". *18th International Symposium on Transport and Air Pollution*, May 18-19, 2010, Zürich, Switzerland.

Evolution des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des lyonnais entre 1995 et 2006 : quels déterminants ?

Référencement :

Bouzouina L., Nicolas J-P., Vanco F., 2009, « Evolution des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des lyonnais entre 1995 et 2006 : quels déterminants ? », XLVI^{ème} colloque de l'ASRDLF *Entre projets locaux de développement et globalisation de l'économie, quels équilibres pour les espaces régionaux ?* Clermont Ferrand, 6-8 juillet 2009.

Résumé

Dans un contexte de regain, spatialement différencié, des modes alternatifs à la voiture particulière à l'échelle intra-urbaine, comment les émissions de CO₂ liées aux déplacements quotidiens évoluent-elles sur la période récente ? L'objectif de cet article est, tout d'abord, d'analyser l'évolution des émissions de CO₂ associées à la mobilité quotidienne de semaine des résidents de l'agglomération lyonnaise en les estimant sur les deux dernières enquêtes ménages déplacements (1995 et 2006). Au-delà de la stabilité globale des émissions constatée durant ces 11 années, le but est de détecter des dynamiques de mobilité (modes de transport, distances parcourues dans la journée) différenciées entre des groupes de populations, en distinguant les évolutions d'émissions moyennes de CO₂ des évolutions de structure sociodémographique ou géographique. Une analyse typologique permet de cibler les groupes pour lesquels les marges de manœuvre sont importantes et d'aider à anticiper les mesures les plus efficaces pour réduire les émissions de CO₂ liées aux déplacements quotidiens.

Mots clés : mobilité quotidienne ; distance ; mode de transport ; émissions de CO₂ ; enquête ménages déplacement ; agglomération lyonnaise ; typologie socio-économique

Abstract

The alternative modes of the use of automobiles have regained attention on the urban level. Against this background, we look on the spatial context of this attention and look on the agglomeration of Lyon. More specifically, we ask how CO₂ emissions that are associated with the everyday mobility have developed until recently? First, we estimate the intensity of CO₂ emissions per day thanks to the last two household travel surveys done in the Lyon conurbation in 1995 and in 2006. Even if the global emission level remains stable, we aim to analyze the socio economic evolution dynamics of mobility between the two periods. In that purpose, we have abstracted the linkage of a specific form of mobility (mode of transport and distance) to a specific population group (status, car ownership, residential location). This typology helps us to highlight the groups where emissions rates are significantly higher and where the focus on the emissions reduction should be intensified.

Keywords: Daily mobility; distance; mode of transport; CO₂ emission; Household Travel Survey; Lyon agglomeration; socio-economic typology

La réduction des gaz à effet de serre (GES) est devenue un objectif primordial à différentes échelles territoriales. Les travaux scientifiques récents estimant les coûts socio-économiques des effets du réchauffement climatique (Stern, 2006) renforcent les préoccupations sur les contraintes environnementales mais aussi énergétiques et mettent l'accent sur la nature et les modalités des politiques à mettre en place (Giddens, 2008 ; Guesnerie et Tulkens, 2008). Signataire du protocole de Kyoto en 1997, la France s'est d'abord engagée à maintenir le même niveau d'émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2010, avant d'afficher sa volonté de le réduire de 20 % en 2020 et de le diviser par quatre à l'horizon 2050, dans le cadre de la Loi sur les orientations de la politique énergétique de 2005 et du Conseil Européen de décembre 2008. Ces engagements se traduisent par plusieurs mesures à l'échelle nationale et locale, à travers les chantiers du Grenelle de l'Environnement, des agendas 21 ou des Plans Climat Territoriaux, en ciblant notamment les secteurs les plus contributeurs du réchauffement climatique.

Or, le transport est aujourd'hui le premier secteur émetteur de gaz à effet de serre et de dioxyde de carbone en France. En 2007, selon le rapport du Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique (CITEPA, 2009), il est responsable de 34 % des émissions de CO₂, loin devant le secteur de l'industrie manufacturière (25 %), du résidentiel/tertiaire (22 %) et de l'énergie (17 %), sachant que les émissions de CO₂ contribuent à hauteur de 70 % au Pouvoir de Réchauffement Global parmi les gaz à effet de serre direct pris en compte dans le protocole de Kyoto (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆) (CITEPA, 2009). Par ailleurs, ces émissions augmentent plus fortement dans le secteur du transport qu'ailleurs (+490 % en France entre 1960 et 2007 et +14 % entre 1990 et 2007), du fait de la croissance du trafic routier (respectivement +513 % et +27 %).

Deux distinctions essentielles doivent être faites pour révéler les dynamiques différenciées que recouvrent ces évolutions globales, d'une part entre les mobilités des personnes et des marchandises, et d'autre part entre les mobilités locales quotidiennes et les mobilités à longue distance.

Ainsi, la hausse constatée ces dernières années proviendrait des poids lourds et des véhicules utilitaires, alors que les émissions de la voiture particulière apparaissent en légère baisse depuis 1995 (CITEPA, 2009). Les enjeux environnementaux liés au transport routier de marchandises méritent donc d'être suivis de près, tant en milieu interurbain, que localement à l'intérieur des agglomérations (Segalou et al., 2004 ; Toilier et al., 2005).

Par ailleurs, il est important d'analyser à différentes échelles les évolutions récentes des émissions de CO₂ liées à la mobilité des personnes, afin de mieux comprendre les facteurs qui jouent sur leurs logiques respectives.

Tout d'abord, les enjeux environnementaux de la mobilité de longue distance sont très importants. L'analyse des résultats de l'Enquête Nationale Transport Déplacements de 1994 montre que 40 % des émissions de CO₂ liées au transport de personnes proviennent de la petite minorité (1%) des déplacements de plus de 80 km du domicile à vol d'oiseau (Nicolas et David, 2009). Par ailleurs, c'est également à cette échelle que les déplacements augmentent le plus, notamment entre des aires urbaines (Orfeuil et Soleyret, 2002 ; Baccaini et al., 2007). L'exploitation des données de la dernière Enquête Nationale Transports de 2007-2008 sera extrêmement intéressante de ce point de vue (Hubert, 2009).

Dans cet article, nous nous intéressons cependant à l'échelle locale d'une grande agglomération. En effet, l'échelle urbaine, renforcée par les dynamiques métropolitaines, reste au centre des enjeux de la durabilité. Aujourd'hui, 82% de la population française réside

dans des espaces à dominante urbaine et particulièrement sous l'influence des grandes agglomérations (Laganier et Vienne, 2009) qui attirent et génèrent l'écrasante majorité des activités humaines à l'intérieur de la métropole mais aussi entre métropoles. Ainsi, l'essentiel des déplacements de semaine liés aux activités de travail, d'études, d'achats ou de loisirs se réalise à l'échelle des aires urbaines. La périurbanisation se poursuit, mais avec la tendance récente de densification des centres et des proches périphéries des grandes villes (Laganier et Vienne, 2009) et de baisse de la mobilité automobile intra-urbaine que semblent indiquer les dernières enquêtes déplacements locaux (Hubert, 2009), l'hypothèse d'une diminution des émissions de CO₂ peut être avancée.

Dans ce contexte, plus que de quantifier au niveau national l'impact de ces évolutions des mobilités quotidiennes sur les émissions de CO₂, l'objectif de cet article est d'en faire ressortir les principaux facteurs explicatifs, en analysant le cas d'une agglomération où une baisse de la part modale de l'automobile a pu être observée. Nous avons ainsi travaillé sur le cas de Lyon en estimant les émissions de CO₂ associées à la mobilité quotidienne de semaine des résidents de cette agglomération puis en observant leurs évolutions à partir des deux dernières enquêtes ménages déplacements de 1995 et de 2006. Comme nous le verrons, le progrès technique et le renouvellement du parc automobile ont joué un rôle sensible à travers la réduction du nombre de voiture de type essence et l'amélioration des normes environnementales mais, dans un contexte de contrainte énergétique, nous avons porté l'éclairage sur l'impact des changements de comportement de mobilité. Ainsi, au-delà de savoir si les émissions ont baissé ou augmenté durant ces 11 dernières années, le but a été de détecter les différences de comportements de mobilités (mode et distance) chez des groupes de populations susceptibles d'expliquer les évolutions des émissions de CO₂, en les distinguant des évolutions sociodémographiques. Les résultats permettent de cibler les groupes pour lesquels les marges de manœuvre sont importantes et d'anticiper les mesures les plus efficaces pour réduire les émissions de CO₂ liées aux déplacements quotidiens.

1. Données et méthode

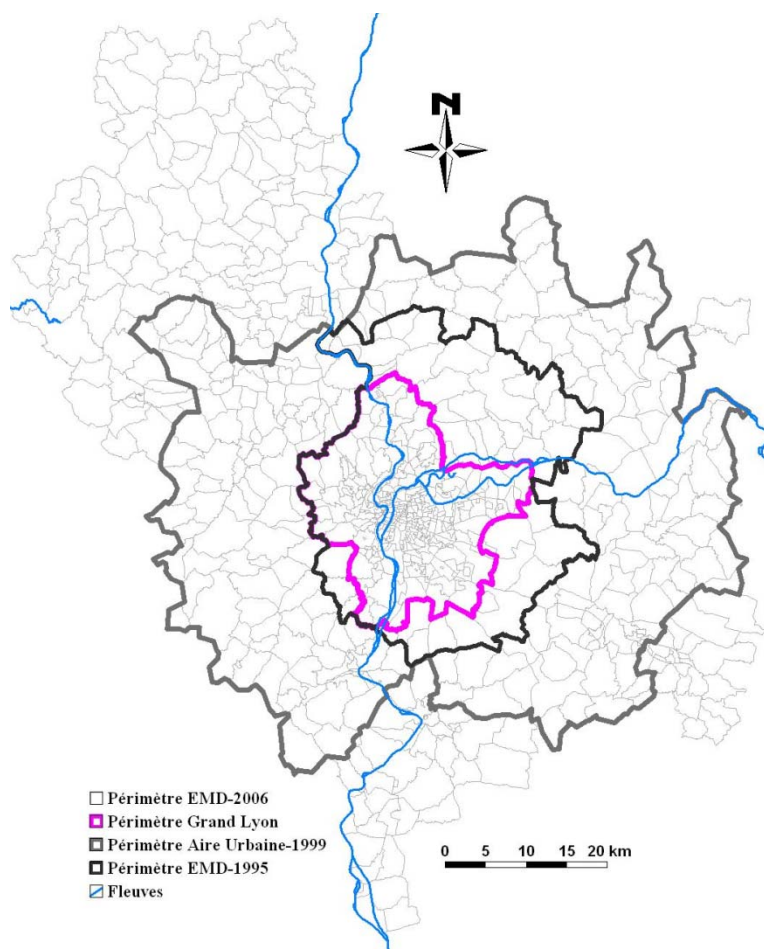
Des travaux précédents ont bien montré l'intérêt de mesurer les émissions de CO₂ de manière désagrégée à partir des enquêtes ménages déplacements (Orfeuil, 1984 ; Gallez et Hivert, 1998, Nicolas et al., 2001 ; Verry, 2006 ; Bouzouina et Nicolas, 2009), combinant caractéristiques des individus (caractéristique socioéconomique, localisation spatiale) et de leurs déplacements (modes et types de véhicules utilisés, distances estimés). Il s'agit de reproduire la même méthodologie en évaluant de manière précise les conditions de comparabilité entre les deux périodes des enquêtes ménages déplacements.

1.1. Les enquêtes ménages déplacements de 1995 et 2006

Etablies sur la base d'une procédure standard contrôlée par le CERTU, les enquêtes ménages déplacements permettent de réaliser des comparaisons entre différentes agglomérations et d'observer les évolutions des comportements de mobilité.

Le ménage constitue l'unité statistique d'observation. Toutes les personnes de cinq ans et plus appartenant à ce ménage sont interrogées sur leurs déplacements réalisés la veille du jour de l'enquête. Cette dernière se déroule du mardi au samedi et ne prends pas en compte la mobilité de la fin de la semaine. Les données recueillies concernent les principales caractéristiques socio-économiques des ménages et des personnes ainsi que les informations fines des déplacements comme l'origine et la destination, le motif, le(s) mode(s) utilisé(s), les horaires, etc.

Figure 1 : Zonages et périmètres des enquêtes ménages déplacements



L'analyse de l'évolution de la mobilité quotidienne et des émissions de CO₂ se base sur les deux dernières enquêtes ménages déplacements réalisées à Lyon en 1995 et en 2006. La première a permis de recueillir les caractéristiques de 6001 ménages, soit 13 997 personnes de cinq ans et plus ayant réalisé 53 213 déplacements. Cet échantillon a été tiré au sein d'un territoire élargi débordant du périmètre du Grand Lyon et représentant en 1995 une population totale de 536 000 ménages et 1 280 000 personnes (enfants de moins de cinq ans inclus). L'enquête ménages déplacements de 2006 concerne un échantillon plus important de 11 229 ménages, soit 25 656 personnes de cinq ans et plus, effectuant 96 250 déplacements. Le périmètre de cette dernière enquête est beaucoup plus large et dépasse même le zonage de l'aire urbaine de 1999 (Figure 1), puisqu'il s'étend à d'autres aires urbaines limitrophes comme Villefranche, Tarare, Ambérieu-en-Bugey, Vienne ou Bourgoin-Jallieu, couvrant ainsi une population de 832 618 ménages et 1 975 260 personnes (enfants de moins de cinq ans inclus).

1.2. Une comparaison à périmètre constant

La croissance urbaine contemporaine est marquée par l'élargissement permanent de l'aire d'influence et de fonctionnement des villes. Le périmètre au sein duquel se réalise l'ensemble des activités quotidiennes n'est pas stable dans le temps, mais pour bien distinguer analytiquement l'origine des différences observées, une étude diachronique est préférable sur une échelle identique aux différentes dates. Les contraintes des échelles de disponibilité des données des deux dernières enquêtes ménages déplacements, qui ne sont pas nécessairement basées sur la quotidienneté, privilégient une analyse sur le périmètre de l'EMD 1995 (Figure 1). Même si cette démarche assure la condition d'une comparabilité spatiale, elle ne

permet pas d'observer exactement le même phénomène qui dépasse naturellement le périmètre initial. Ainsi, l'évolution d'une partie des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne périphérique n'est pas prise en considération.

En 2006, le périmètre constant donné par l'EMD 1995 regroupe 1,3 millions d'habitants, ce qui représente les trois quarts de la population de l'aire urbaine lyonnaise. Parmi l'ensemble des déplacements de ces habitants, 97% ont une origine et une destination à l'intérieur de ce périmètre, pourcentage relativement stable par rapport à 1995 (96%). Cependant, les 3 % des déplacements sortant du périmètre en 2006 tout en restant à l'intérieur de l'aire urbaine sont responsables de 20 % des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des habitants à cette échelle de l'agglomération lyonnaise. Cela illustre les enjeux environnementaux liés aux déplacements périphériques.

Par ailleurs, le secteur de tirage (75 ménages minimum) est la plus petite unité spatiale à laquelle l'échantillon de ménages enquêtés est représentatif aux deux dates. Les évolutions spatiales sont donc observables entre 1995 et 2006 sur 87 unités spatiales identiques au sein du périmètre 1995.

1.3. Calcul des émissions de CO₂ liées aux circulations urbaines des citadins

Les émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne sont calculées à l'aide de la méthodologie proposée dans le cadre du programme européen MEET (Hickman et al., 1999). Les détails des choix et des hypothèses de calcul précis sont fournis dans Nicolas et al. (2001), aussi nous ne les rappelons que dans les grandes lignes ici.

En ce qui concerne l'automobile, MEET fournit des courbes d'émissions en fonction de la vitesse moyenne sur le parcours, de la cylindrée, de l'âge et du type de carburation des véhicules. Ces deux dernières caractéristiques sont directement disponibles dans les enquêtes ménages déplacements. L'information sur la cylindrée est inférée à partir de la puissance fiscale et à l'aide de l'âge et de la carburation du véhicule (Gallez et Hivert, 1998). Par ailleurs, les distances et les vitesses des déplacements locaux sont recalculées à partir du modèle de trafic Davisum. Connaissant l'heure de départ et l'heure d'arrivée, il est également possible de savoir si le démarrage s'opérait à froid ou non, compte tenu du déplacement précédent. Dans l'affirmative, un coefficient de surémission est estimé. Enfin, sachant que l'enquête ménages déplacements ne fournit pas d'information sur le taux de remplissage du véhicule, les émissions de CO₂ ont entièrement été attribuées au conducteur et les déplacements réalisés en tant que passager d'une voiture sont considérés non émetteurs.

Pour les transports collectifs, nous avons utilisé les kilométrages annuels totaux fournis par mode (bus, trolleybus, tramway, métro) par l'autorité organisatrice des transports lyonnais (SYTRAL) pour alimenter la base « 220 réseaux » gérée par le CERTU. La vitesse moyenne des bus sur le réseau, de 17 km/h, a été reprise pour calculer leurs émissions à partir des courbes proposées par MEET. Les émissions des modes à traction électrique ont été posées égales à 0, sachant que l'électricité lyonnaise est essentiellement produite à partir de l'énergie nucléaire et, dans une moindre mesure, hydroélectrique (Nicolas et al., 2001). Connaissant par ailleurs le nombre annuel de voyages sur le réseau lyonnais (base 201 réseaux, CERTU, 2009) et la distance moyenne par voyage à partir de l'enquête ménages déplacements, nous avons pu estimer une émission moyenne par voyageur kilomètre qui a été appliquée systématiquement à tous les déplacements en transports collectifs. Cette méthode fournit un résultat correct au niveau global, mais elle conduit à lisser les variations qui existent d'un déplacement à l'autre du fait de leur mix de modes TC. L'enquête de 1995 ne fournissant pas l'information nécessaire pour estimer le détail des distances parcourues pour chaque sous mode lors d'un déplacement en transport collectif, nous sommes restés avec ce coefficient moyen par voyageur kilomètre.

Une fois calculées, ces émissions de CO₂ dues aux déplacements peuvent être affectées aux individus, aux ménages ou à leur zone de résidence. Notre analyse se focalise sur les individus et vise à comprendre les évolutions de leurs émissions de CO₂ liées à leur mobilité quotidienne ces dix dernières années. Ces individus sont regroupés selon leurs caractéristiques socio-économiques et résidentielles les plus discriminantes par rapport à leurs distances parcourues, afin de mieux expliquer les évolutions des émissions de CO₂ en distinguant les évolutions comportementales moyennes des différents groupes, de l'évolution de leur importance démographique.

2. Stabilité des émissions de CO₂ : baisse de la mobilité motorisée mais augmentation des distances

2.1. Baisse de la mobilité motorisée

Malgré la relative dynamique démographique qui caractérise l'agglomération lyonnaise (+ 1,6 %) et qui est surtout soutenue par un solde naturel positif (INSEE-Rhône-Alpes, 2007), le volume global des déplacements de ses habitants a baissé (- 5,8 % en données pondérées) passant d'environ 4,46 à 4,20 millions déplacements par jour. La mobilité des Lyonnais de 5 ans et plus a baissé entre 1995 et 2006, passant de 3,73 à 3,47 déplacements par habitant par jour.

La baisse de la mobilité quotidienne est surtout marquée par une baisse de l'usage des modes motorisés et notamment de la voiture particulière et une augmentation de la part des modes doux. En effet, le nombre et la part modale des déplacements réalisés en voiture ont baissé passant, respectivement de 1,98 à 1,72 déplacement par habitant par jour et de 53 % à 50 % (Tableau 1). Les transports en commun gagnent des usagers en 2006 car parmi les 3,47 déplacements journalier par habitant 0,5 sont effectué à partir de ce mode de transport (0,48 parmi les 3,73 en 1995). Ils renforcent ainsi leur part modale, qui augmente de 13 % à 15 % entre les deux périodes (Tableau 1). L'usage du vélo a quant à lui plus que doublé alors que la marché à pied a légèrement baissé même si sa part modale augmente d'un point.

La part des déplacements combinant voiture particulière et transport en commun a légèrement augmenté, ce qui incite à continuer à encourager l'intermodalité. Par ailleurs, la baisse des déplacements effectués en voiture est valable aussi bien pour les automobilistes que pour les passagers (respectivement, - 11 % et - 12 %). Si des efforts ont été entrepris pour promouvoir un usage plus collectif de la voiture comme le covoiturage par exemple, la stabilité du taux de remplissage (ratio global nombre de déplacements comme passager automobile / nombre de déplacements automobile) montre que ces évolutions sont trop marginales (et peut être aussi trop récentes) pour apparaître au plan statistique.

Tableau 1 : Nombre moyen de déplacements et part modale en 1995 et 2006

			Voiture conducteur	Voiture passager	Voiture - transport collectif	Transport collectif	Marche à pied	Vélo	2 roues à moteur
Nb moyen déplacements par mode	1995		1,53	0,45	0,02	0,48	1,19	0,03	0,02
	2006		1,33	0,39	0,03	0,50	1,14	0,06	0,02
Part modale (%)	1995		41,0	12,0	0,6	13,0	32,0	0,7	0,6
	2006		38,4	11,3	0,9	14,8	32,9	1,6	0,5

Avec ces évolutions opposées entre modes motorisés et modes doux, l'hypothèse du changement de comportement et la possibilité du report modal se pose clairement. S'agit-il d'une rupture de tendance dans la mobilité motorisée ou d'une baisse conjoncturelle ? S'agit-il d'une baisse générale ou touchant seulement les déplacements de courtes distances ? L'hypothèse de fluctuations liées aux difficultés pratiques pour assurer la comparabilité des enquêtes (mesure, échantillonnage et redressement, contexte social du moment) peut également être soulevée. En effet, cette baisse du nombre de déplacements tous modes n'est pas la première dans l'histoire de la mobilité lyonnaise, car un fléchissement avait déjà été observé entre 1976 et 1985, avant la reprise constatée entre 1985 et 1995. Mais il provenait alors d'une baisse du nombre de déplacements à pied (plus sensible aux conditions de recueil de la mobilité de la veille), et non d'une baisse du nombre de déplacements en voiture, comme actuellement. Cette baisse est par ailleurs confirmée par d'autres enquêtes ménages déplacements récentes de Bordeaux, Lille, Reims, Rennes, Rouen, Strasbourg et Toulon (CERTU, 2010). Aussi, nous faisons l'hypothèse que ces évolutions reflètent bien les tendances actuelles et tentons d'apporter des éléments explicatifs aux évolutions constatées.

2.2. Des distances plus longues

Alors que la mobilité quotidienne et la part modale de la voiture particulière baissent en faveur des modes doux, le volume global des distances continue d'augmenter (+ 9 %) car la distance moyenne parcourue par déplacement s'accroît nettement, de 3,73 à 4,32 km entre 1995 et 2006. Le budget distance augmente également de 14 à 15 km par habitant par jour. Cette hausse des distances, notamment pour les modes motorisés, a largement compensé la baisse de la mobilité (en volumes de déplacements). Ce constat est partagé par une autre étude sur le périmètre restreint de la communauté urbaine de Lille Métropole où les distances ont également augmenté de 7 % entre 1987 et 2006 (Merle et al., 2009). Cela explique le maintien, dans l'agglomération lyonnaise, de la part élevée des distances des déplacements effectués en voiture (74 %) malgré la croissance des distances avec d'autres modes. En effet, parmi les 14 km effectués en moyenne par personne par jour, 11 sont réalisés en voiture particulière et 9 en tant que conducteur en 2006 (Tableau 2).

Tableau 2 : Distance quotidienne parcourue par mode de déplacement en 1995 et 2006

		Voiture conducteur	Voiture passager	Voiture - Transport collectif	Transport collectif	Marche à pied	Vélo	2 roues à moteur
Distance par pers/mode/jour	1995	8,25	2,03	0,24	2,52	0,72	0,08	0,09
	2006	8,93	2,10	0,40	2,57	0,69	0,15	0,13
Part modale (%)	1995	59,3	14,6	1,7	18,1	5,2	0,6	0,6
	2006	59,6	14,0	2,7	17,1	4,6	1,0	0,8

En se focalisant sur le mode qui contribue le plus aux émissions de CO₂, nous constatons que les déplacements réalisés au volant d'une voiture à l'intérieur de l'agglomération lyonnaise diminuent de 12 % alors que les distances parcourues au total avec ce mode augmentent de 10 %. La distance moyenne par déplacement au volant d'une voiture augmente ainsi de 5,4 à 6,7 km (Tableau 3). Les individus se déplacent moins en voiture, mais quand ils l'utilisent, ils parcourent des distances plus élevées qu'en 1995. Une analyse plus fine des évolutions en fonction de l'origine et la destination des déplacements (Tableau 3) montre une baisse des distances totales parcourues par les automobilistes à l'intérieur du centre (-3 %) mais aussi entre le centre et la première couronne (-7 %), du fait de la baisse importante du nombre de

déplacements (-22 % et -26 %, respectivement). Cependant, les distances moyennes augmentent pour tous les types de liaisons, même si les enjeux des émissions de CO₂ sont plus importants pour les déplacements en lien avec la deuxième périphérie car ceux-ci sont les plus longs.

Tableau 3 : Evolution des volumes de déplacement, des km parcourus et de la distance moyenne en voiture conducteur entre 1995 et 2006

Origine – Destination du déplacement	Evolution nb déplacements	Evolution des kms parcourus	Distance/ déplacement en 1995	Distance/ déplacement en 2006	Evolution distance / déplacement
Centre – Centre	-22 %	-3 %	2,9	3,6	+23,6 %
Centre - 1 ^{ère} couronne	-26 %	-7 %	6,3	7,9	+25,3 %
Centre - 2 ^{ème} couronne	-9 %	+14 %	12,3	15,3	+24,7 %
1 ^{ère} - 1 ^{ère} couronne	-4 %	+18 %	3	3,7	+23,3 %
1 ^{ère} – 2 ^{ème} couronne	-8 %	+15 %	8,8	10,9	+24,1 %
2 ^{ème} - 2 ^{ème} couronne	0 %	+22 %	4,2	5,1	+22,1 %
Total	-12 %	10 %	5,4	6,7	24,5 %

2.3. Des émissions de CO₂ relativement stables

Le volume global des émissions de CO₂ dépend du niveau de l'émission unitaire par km du mode motorisé, de la distance parcourue par déplacements, du nombre des déplacements par personne et de la taille de la population. Alors que les kilomètres parcourus augmentent de manière sensible, notamment en modes motorisés, le volume global des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des Lyonnais n'a que légèrement augmenté (+ 3 %) entre 1995 et 2006, du fait notamment de la baisse du niveau d'émission unitaire (- 5 %) des modes motorisés (Tableau 4).

Les transports en commun est le seul mode qui enregistre une baisse du volume des émissions de CO₂ (- 33 %) entre 1995 et 2006 (Tableau 4). Leur niveau d'émission unitaire diminue également de - 35 %, du fait d'une part de l'évolution de l'offre et des caractéristiques du parc, notamment à travers l'introduction de nouvelles lignes de métro, de tramway et de l'électrification du réseau de bus, mais d'autre part aussi grâce à l'augmentation du taux de remplissage.

Tableau 4 : Evolution des émissions par mode entre 1995 et 2006

	Volume des émissions (tonnes)			Emission unitaire (g/km)		
	1995	2006	Evolution 1995-2006	1995	2006	Evolution 1995-2006
Voiture conducteur	2059	2168	+5,3%	209	201	-3,9%
Voiture + TC	22	36	+64,9%	147	138	-6,5%
TC	172	116	-32,8%	57	37	-34,8%
Deux roues à moteur	6	15	+138,1%	62	102	+65,3%
Total	2259	2336	+3,4%	136	129	-5,2%

En 2006, les transports en commun ne sont responsables que de 5 % des émissions de CO₂ (8 % en 1995), alors que la voiture y contribue à hauteur de 93 % (91 % en 1995). Cependant, l'impact de la baisse du niveau d'émission unitaire des transports en commun sur l'évolution du volume total des émissions n'est pas négligeable. Sans cette baisse, de 57 à 37 g/km (Tableau 4), le volume total aurait du augmenté de 5,8 % au lieu de 3,4 %.

Par ailleurs, l'évolution des caractéristiques des voitures et l'amélioration des normes environnementales liées au renouvellement du parc automobile a également fortement contribué à la baisse observée des émissions globales. Ainsi, la baisse des émissions unitaires des déplacements effectués en tant que conducteur d'une voiture (- 4 %) a largement contribué à la stabilité du volume des émissions globales face aux fortes distances parcourues à partir de ce mode. En supposant que le niveau d'émission de ce mode soit resté inchangé entre 1995 et 2006, le volume total d'émissions aurait du augmenter de 7,2 % au lieu de 3,4 %. Les deux roues à moteur sont les seuls à voir leur émission unitaire augmenter entre les deux dates (+ 65 %) du fait notamment d'une hausse de leur cylindrée. Mais leur contribution aux émissions totales reste toujours marginale.

Après avoir mis la lumière sur les évolutions des déplacements, des distances parcourues et des émissions par mode de transport et souligné le rôle du progrès technique et du renouvellement des parcs automobiles et de transport en commun, il convient de mettre en avant les autres facteurs socio-économiques expliquant les émissions de CO₂ et leurs évolutions en les distinguant des simples changements démographiques.

3. Quels facteurs socio-économiques pour expliquer les niveaux d'émissions de CO₂ et leurs évolutions et quels sont les groupes les plus émetteurs?

Globalement, les émissions de CO₂ par habitant restent relativement stables (environ 1900 g/hab/jour). Cette stabilité masque des évolutions différenciées entre groupes d'individus, selon leurs caractéristiques socioéconomiques et résidentielles. L'objectif est de mettre en avant les groupes dont les évolutions sont les plus importantes et de distinguer ce qui relève de l'évolution démographique de ce qui est potentiellement lié au changement de comportement.

Pour cela une typologie de la population a été réalisée, en cherchant à maximiser la variance entre les groupes à partir de la distance moyenne parcourue par personne et par jour en 1995 (Nicolas et al. 2001). Vingt-deux types ont ainsi été distingués, faisant principalement ressortir comme facteurs explicatifs le statut d'activité (scolaires, étudiants, actifs, chômeurs, personnes au foyer, retraités) et la localisation (décomposée ici en trois zones concentriques, le centre dense constitué de Lyon Villeurbaine, la première couronne des communes limitrophes du centre et la seconde couronne des communes extérieures). Ces facteurs sont complétés par l'accès ou non à l'automobile pour les adultes et par le genre pour les actifs. Certaines variables n'ont donc pas été intégrées, comme le revenu du ménage, dont les effets apparaissent moins nets et sont déjà en partie implicitement intégrés dans le statut d'activité et la motorisation.

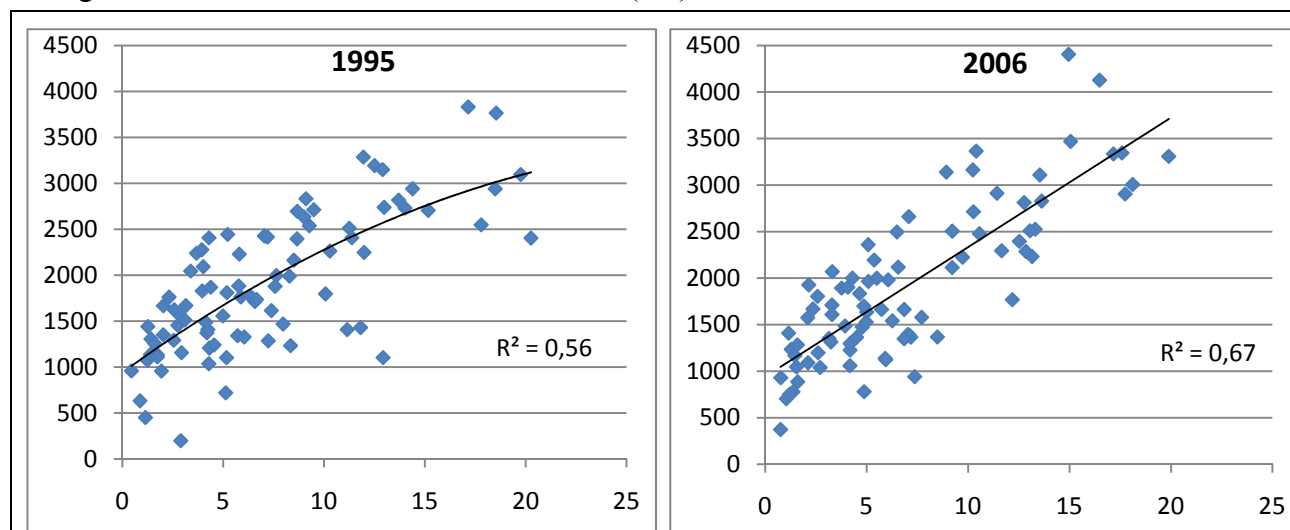
3.1. Un niveau d'émission lié au cycle de vie, à l'accès à la voiture et à la localisation résidentielle

Le critère le plus discriminant vis-à-vis du niveau d'émission de CO₂ est celui du statut de la personne par rapport à l'activité. Un jour moyen de semaine, les actifs, qui représentent 44 % de la population, génèrent 74 % du volume global des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne en 2006. Un actif émet en moyenne plus que trois fois qu'une personne inactive et son niveau d'émission est en croissance entre 1995 et 2006 (+ 3 %). En 2006, un actif émet

en moyenne 3220 g/jour (3130 en 1995) alors qu'un inactif émet 910 g/jour (920 en 1995). Cela renvoie au principe selon lequel l'activité économique est également fortement génératrice de mobilité et d'émissions de CO₂.

Au sein de cette catégorie d'individus actifs occupés, la possibilité de conduire, conditionnée par l'accès au permis et la disponibilité d'une voiture au sein du ménage, détermine grandement le niveau d'émission de CO₂. Par ailleurs, les hommes, légèrement plus nombreux, contribuent de manière nettement plus importante que les femmes au volume des émissions en 2006 (respectivement 44 % et 30 %). Cependant, entre 1995 et 2006, l'émission moyenne des femmes actives augmente, passant de 2440 à 2700 g/jour, alors que celle des hommes reste stable, avoisinant les 3700 g/jour. Une hétérogénéité existe également au sein de la catégorie des inactifs. En 2006, les émissions moyennes par groupe d'inactifs varient de 20 g/jour pour les scolaires du primaire, qui se déplacent souvent à pieds ou accompagné en voiture, à 1400 g/jour pour les chômeurs. Le niveau d'émission moyen est en baisse chez toutes les catégories de personnes inactives, à l'exception des retraités où il augmente de 20 %.

Figure 2 : Emissions de CO₂ par personne (g/hab/j) aux deux dates en fonction de l'éloignement de la zone de résidence du centre (km)



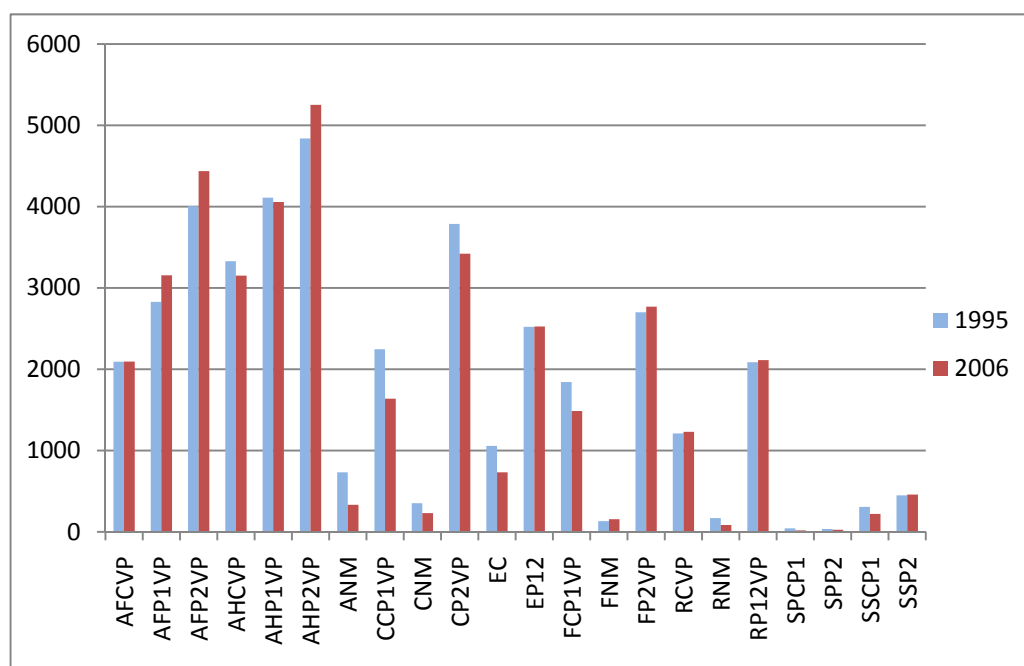
Le niveau d'émission de CO₂ par habitant augmente avec l'éloignement de la localisation résidentielle du centre (Figure 2). C'est ce que montre également la typologie (Figure 3) basée sur une localisation en trois classes (centre, 1^{ère} périphérie et 2^{ème} périphérie). Cette structure spatiale monocentrique est un élément explicatif important des distances parcourues et des émissions de CO₂, mais elle est également associée à la structure sociodémographique et l'accès à la voiture différenciés entre le centre et la périphérie. L'évolution entre 1995 et 2006 de l'émission moyenne par zone de résidence (Figure 2) montre une baisse et une reconcentration au niveau des quartiers centraux et une croissance dans les zones périphériques avec une relation vis-à-vis de la distance au centre nettement plus linéaire. Nous supposons, au vu de ces deux relations, que les zones qui dépassent le périmètre d'étude seraient beaucoup plus émettrices en 2006 par rapport à 1995, ce qui renforce les enjeux liés au choix de l'échelle soulevés précédemment.

L'intégration de la localisation résidentielle permet de faire ressortir des disparités du niveau d'émissions plus prononcées au sein de la typologie (Figure 3). Ce sont les hommes actifs motorisés de la 2^{ème} couronne qui ont le niveau d'émissions le plus élevé, juste devant les femmes de la même catégorie. Les émissions moyennes augmentent chez les femmes actives

mais aussi chez les hommes actifs de deuxième couronne qui voient leur nombre baisser entre 1995 et 2006, probablement du fait du passage à la retraite puisque le nombre de retraités augmente fortement à ce niveau. En revanche, elles sont stables ou en baisse chez les autres groupes à l'image des hommes actifs du centre ou des chômeurs.

Face à l'objectif de réduction des émissions de CO₂ et afin d'illustrer les enjeux liés à leurs évolutions, il est important de situer les contributions de chaque groupe et leurs variations entre 1995 et 2006 en distinguant l'impact de l'évolution démographique, des évolutions des distances et des émissions unitaires de CO₂.

Figure 3 : Evolution du niveau des émissions de CO₂ par personne entre 1995 et 2006



Légende :

Statut : A : actif ; C : chômeur ; E : étudiant ; F : au foyer ; R : retraité ; SP : scolaire du primaire ; SS : scolaire du secondaire

Sexe : H : homme ; F : femme

Localisation : C : centre ; P1 : 1^{ère} périphérie ; P2 : 2^{ème} périphérie

Motorisation : VP : ayant accès à la voiture particulière ; NM : non-motorisé

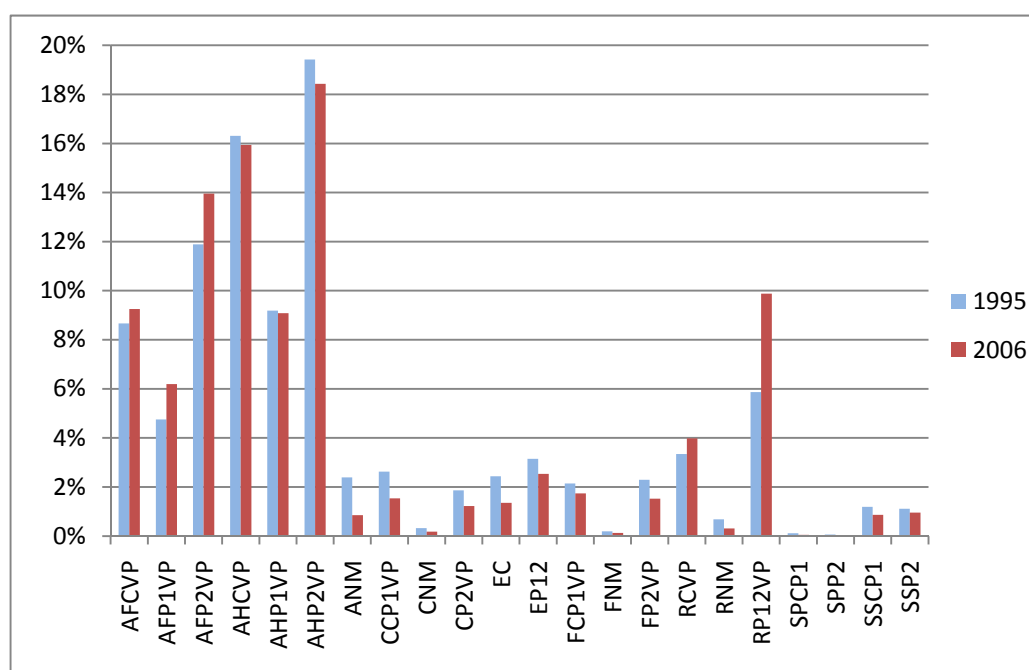
3.2. Des émissions fortement croissantes chez les retraités et les femmes actives

Les retraités motorisés et les femmes actives sont les deux grandes catégories qui tirent les émissions vers le haut. La croissance de leurs émissions contribue de 10 % au volume total en 2006, dont 4 % viennent des retraités de la périphérie (de 6 % en 1995 à 10 % en 2006) (Figure 4).

Tout d'abord, on enregistre une croissance démographique très forte des retraités motorisés entre 1995 et 2006, jusqu'à + 72 % en périphérie, combinant un effet démographique de vieillissement de la population et un effet de génération avec des nouveaux retraités plus motorisés que leurs aînés. La croissance démographique des retraités motorisés de la périphérie est tirée par la croissance des seniors de 75 ans et plus qui triplent en nombre et en volume d'émissions. Les retraités de moins de 75 ans appartenant à la même catégorie sont

plus émetteurs de CO₂ car leur nombre augmente de 50 % et leur volume d'émissions de 60 %. Ils sont ainsi responsables de 86 % des émissions des émissions totales des retraités motorisés de la périphérie en 2006. Il s'agit d'un vieillissement sur place de ces générations actives périurbaines des trente glorieuses (Ghékière, 1998) dont les analyses précédentes montraient qu'ils étaient de plus en plus motorisés et qu'ils utilisaient de plus en plus la voiture (Pochet, 2003). Ils maintiennent aujourd'hui leur niveau de motorisation et leur habitudes en termes d'usage de la voiture à l'image des autres pays européens (Hjorthol et al., 2010). En effet, à caractéristiques équivalentes (localisation, motorisation), les évolutions de comportement des groupes de retraités restent dans la moyenne de la population. C'est essentiellement l'évolution des caractéristiques de motorisation et de localisation de la population retraités (outre son poids démographique croissant) qui explique la hausse de leurs émissions de CO₂.

Figure 4 : Part des émissions de chaque groupe dans le volume total des émissions de CO₂ en 1995 et en 2006 par groupe



Légende :

Statut : A : actif ; C : chômeur ; E : étudiant ; F : au foyer ; R : retraité ; SP : scolaire du primaire ; SS : scolaire du secondaire

Sexe : H : homme ; F : femme

Localisation : C : centre ; P1 : 1^{ère} périphérie ; P2 : 2^{ème} périphérie

Motorisation : VP : ayant accès à la voiture particulière ; NM : non-motorisé

Les femmes actives contribuent également à la croissance des émissions et commencent à rattraper l'écart avec leurs homologues masculins. D'une part leur nombre augmente sensiblement, traduisant une poursuite de la croissance du taux d'activité féminin, qui se retrouve en creux dans la baisse du nombre de femmes au foyer. A la différence des retraités, cette croissance démographique se combine avec une augmentation sensible des distances moyennes parcourues, mais aussi une baisse beaucoup plus faible du niveau d'émission unitaire expliquant ainsi la croissance des émissions de ce groupe.

Conclusion

L'analyse des deux dernières enquêtes ménages déplacements confirme la baisse de la mobilité quotidienne et en particulier la mobilité motorisée des Lyonnais entre 1995 et 2006. Cependant, dans une logique d'analyse des effets environnementaux de la mobilité, ce constat demeure partiel car cette baisse du nombre de déplacements est compensée par un allongement des distances parcourues notamment par les résidents des communes périphériques de l'agglomération. Ce qui nous interroge sur la sensibilité de notre résultat principal, à savoir la stabilité des émissions de CO₂, par rapport à un éventuel élargissement du périmètre d'observation. Il est vraisemblable qu'avec l'étalement urbain et l'extension de l'aire d'influence de la ville, les zones périphériques non observées seraient plus émettrices de CO₂ en 2006 qu'en 1995 et de manière plus importante que celles observées ici dans un rayon de 20 kms (Figure 2). Cette question de l'échelle d'observation mérite sans doute d'être approfondie afin de compléter nos résultats obtenus à travers une analyse à l'échelle du périmètre constant de 1995.

L'analyse des évolutions des émissions de CO₂ à périmètre constant permet tout de même de mettre en avant un certain nombre de résultats importants. Au-delà de l'impact attendu lié au renouvellement du parc automobile qui a permis de réduire les émissions unitaires des véhicules, les évolutions socio-économiques, urbaines et démographiques ont un effet important sur l'évolution du volume global des émissions à travers les distances parcourues et le choix du mode de transport qui font référence aux comportements des individus.

En effet, l'analyse typologique sur les deux périodes confirme le rôle du statut de la personne et du fait qu'elle soit homme ou femme si elle est active, de son accès ou non à la voiture et de sa localisation résidentielle dans l'explication du niveau d'émission de CO₂ liées à la mobilité quotidienne.

Derrière la stabilité des émissions globales de CO₂, l'analyse temporelle montre des évolutions contrastées entre les différents groupes et souligne les enjeux autour des retraités et des femmes actives, seules catégories pour lesquelles les émissions ont augmenté et de manière importante entre 1995 et 2006.

Références

Baccaini, B., Semecurbe, F., Thomas, G., « les déplacements domicile-travail amplifiés par la périurbanisation », *INSEE Première*, 2007, n° 1129.

Bouzouina L., Nicolas J.-P., « Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO₂ liées aux déplacements ». *Vertigo*, 2009, 9(2), <http://www.vertigo.revues.org/index8771.html>

CERTU, « Baisse de la mobilité urbaine : les derniers chiffres des EMD », 2010, en ligne : www.certu.fr

CITEPA, *Inventaire des émissions de polluants atmosphériques en France – séries sectorielles et analyses étendues, rapport d'inventaire national*, SECTEN, rapport CITEPA, 2009, 305 p.

Hickman J., D. Hassel, R. Joumard, Z. Samaras, S. Sorenson, "MEET - Methodology for calculating transport emissions and energy consumption". European Commission, DG VII, 1999, en ligne : <http://www.inrets.fr/infos/cost319/M22.pdf>

Gallez C., Hivert L., BEED : mode d'emploi. Synthèse méthodologique pour les études "budget énergie environnement des déplacements". Rapport de convention ADEME-INRETS, 1998, 85 p.

Giddens, A., *The politics of climate change*, Polity Press, 2009, 256 p.

Guesnerie, R., Tulkens, H (eds), *The Design of Climate Policy*, MIT Press, 2008, 408 p.

Hjortol, R.J., Levin, L., Sirén., A., "Mobility in different generations of older persons: The development of daily travel in different cohorts in Denmark, Norway and Sweden", *Journal of Transport Geography* (à paraître 2010).

Hubert, J-P., « Dans les grandes agglomérations, la mobilité quotidienne des habitants diminue, et elle augmente ailleurs ». *INSEE première*, 2009, n°1252.

Lagagnier, J., Vienne, D., « Recensement de la population de 2006 : La croissance retrouvée des espaces ruraux et des grandes villes », *INSEE Première*, 2009, n° 1218.

Merle N., Dupont A., Quetelard B, Hivert L., *Diagnostic Énergie Environnement des Déplacements (DEED) 1987 / 1998 / 2006 de la Communauté Urbaine de Lille*, Rapport INRETS et CETE Nord Picardie pour LMCU, Région Nord et ADEME Nord, 2009.

Nicolas, J-P., David, D., "Passenger transport and CO₂ emissions: What does the French transport survey tell us?" *Atmospheric Environment* n°43, 2009, pp. 1015-1020.

Nicolas, J.P., Pochet, P., Poimboeuf, H., *Indicateurs de mobilité durable. Application à l'agglomération de Lyon*. Lyon, LET, Coll. Etudes & Recherches, 2001, 127 p.

Orfeuil J-P., « Les budgets énergie-transport : un concept, une pratique, des résultats ». *Recherche Transport Sécurité*, 1984, n°2, pp. 23-29.

Orfeuil, J-P., Soleyret, D., Quelles interactions entre les marchés de la mobilité à courte et à longue distance. *Recherche Transport Sécurité*, 2002, n°76, p. 208-221.

Segalou, E., Ambrosini, C., Routhier, J.L., "The environmental assessment of urban goods movement", in E. Taniguchi and R.G. Thompson (eds), *Logistics Systems for Sustainable Cities*, Elsevier, 2004, pp. 207-220.

Stern, N., *The Economics of Climate Change*, Cambridge University Press, 2007.

Toilier, F., Routhier, J.L., Albergel, A., Perdriel, S., *Intégration d'un module environnemental dans FRETURB V2*, Rapport ADEME, LET, Aria Technologies, 2005, 124 p.

Verry D., « Systèmes de transports urbaines et impacts environnementaux: quelle évaluation ? Une analyse comparative des agglomérations de Bordeaux, Grenoble, Lyon et Paris », *XLIIe colloque de l'ASRDLF – XIIIe colloque du GRERBAM*, Sfax, 2006, 21 p.

CO₂ Emissions and Daily Mobility: Factors for Change. The Case of the Lyon Urban Area

Référencement:

Bouzouina L., Nicolas J-P., Vanco F., 2010, CO₂ Emissions and Daily Mobility: Factors for Change. The Case of the Lyon Urban Area. *18th International Symposium on Transport and Air Pollution*, May 18-19, 2010, Zürich, Switzerland.

Résumé : Les modes alternatifs à l'automobile semblent prendre de l'importance aujourd'hui dans les principales villes françaises. Plusieurs enquêtes ménages déplacements confirment cette tendance et montrent même une baisse des déplacements automobile dans les centres-villes (Hubert, 2009). D'un point de vue environnemental, un tel résultat peut apparaître très positif, et il est d'ores et déjà possible d'estimer la baisse des émissions de CO₂ dans le cas l'agglomération de Lyon au cours des 10 dernières années (Bouzouina et al., 2009).

L'objectif de cette communication est d'analyser l'évolution des émissions de CO₂ liées à la mobilité quotidienne des résidents de l'agglomération lyonnaise à partir des deux dernières enquêtes ménages déplacements de Lyon de 1995 et 2006. De précédents travaux ont montré l'intérêt d'une mesure de ces émissions à un niveau désagrégé, combinant les caractéristiques des personnes (localisation, caractéristiques socio-économiques) avec leurs déplacements (mode utilisé, distance parcourue, vitesse, etc.). Dès lors, plutôt qu'une simple estimation des évolutions des émissions de CO₂, nous utilisons une approche typologique pour expliquer ces évolutions à partir des 3 grands facteurs que sont les évolutions démographiques au sein de la population lyonnaise, les changements de comportement de mobilité à l'intérieur de chaque groupe et les améliorations technologiques des modes de transport. Ceci permet ensuite de s'interroger sur les politiques les plus efficaces pour réduire ces émissions de CO₂.

Cette communication présente tout d'abord les options méthodologiques retenues. Il analyse ensuite les évolutions constatées en matière d'émissions de CO₂ avant de conclure sur les politiques les plus adaptées pour les réduire.

Abstract: Today, alternative modes from car seem to really increase in main French cities. Several urban trip surveys tend to confirm that trend and even show a drop of car trips in the city centers (Hubert, 2009). From an environmental point of view, such a result is of course very positive and we can already evaluate the decrease of daily trip CO₂ emissions in the case of the Lyon conurbation in the last ten years (Bouzouina et al., 2009).

The purpose of that communication is to analyze the evolution of CO₂ emissions linked to the daily mobility of the Lyon conurbation inhabitants, thanks to the two last Lyon household trip surveys in 1995 and 2006. Previous works had shown the relevance of the CO₂ emission measure at a disaggregated level (Nicolas et al., 2003; Nicolas et David, 2009; Bouzouina et Nicolas, 2009), combining the characteristics of the people (spatial location, socio economic characteristics) and of their trips (mode and type of used vehicle, distance and speed, etc.). Then, rather than simply assess the CO₂ emission evolution, we will use the same typological analysis to explain that evolution by the 3 main factors which are the sociodemographic changes inside the city, the mobility behavior evolution of socioeconomic groups and the technological improvements of vehicles. We will then be able to underline which kind of policy could be the more efficient to reduce CO₂ emissions linked to daily mobility.

First, the paper presents our methodological options. It analyzes the CO₂ emission evolutions in a second part and concludes with the local policies for CO₂ abatement and their efficiency.

Introduction

Recent discussions regarding the environment and sustainable development show that most European cities encourage alternative modes of transport such as cycling, reinvesting in public transport networks. They also seek more coordinated and better controlled forms of urban development. Furthermore, the global economic crisis in general, and the pressure on energy prices in particular, create an additional economic constraint with regard to car use. In this context, a number of local travel surveys show that motor vehicle mobility in large cities in France tends to fall in favour of sustainable transport modes and public transport (Hubert, 2009). However, what is the reality of the situation, and is this trend reflected in a reduction in greenhouse-gas emissions related to urban mobility (Dupont et al., 2009)? We shall try to answer this question in this article by examining the case of the Lyon urban area, where this trend has been observed. We have therefore used as part of our analysis the last two household travel surveys (HTSs) carried out in the Lyon area, in 1995 and 2006, in order to estimate the CO₂ emissions generated by its inhabitants. We have then tried to identify the most important factors behind the trends observed, that are linked to the changing characteristics and composition of the population, the mobility-related behaviour of different socio-economic groups, and the technological characteristics of the motor vehicle fleet as a whole.

First, we shall present the methodology that was adopted to ensure the comparability of data from the two surveys, calculate greenhouse-gas emissions (which shall here be assimilated to CO₂ emissions), and then identify the different factors that have an impact on daily mobility and the emissions they generate. The second part of our article is dedicated to the results of our analyses, and will first outline the general trends, before highlighting the groups for which the margins for manoeuvre are greatest. This shall enable us to discuss, in the conclusion, the most efficient measures for reducing CO₂ emissions related to daily travel.

Measuring and comparing CO₂ emissions related to daily mobility using French household travel surveys

The Lyon urban area and household travel surveys carried out between 1995 and 2006

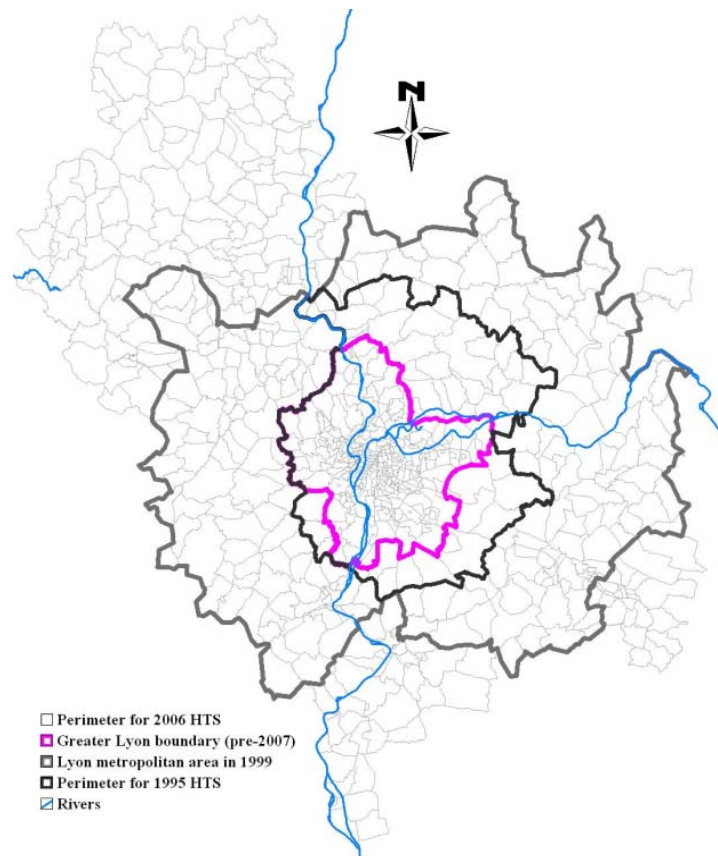
Lyon, capital of the Rhône-Alpes region, has a population of 620,000 in the urban core formed by the municipalities of Lyon and Villeurbanne, and a total of 1.2 million inhabitants in the wider urban area (which shall here be considered to be coextensive with the Greater Lyon urban community). It is a dynamic city which historically has benefited from a strong manufacturing base, and which is today recognised as a major higher education and research centre. The urban core is very densely populated, and is therefore well suited to modes of transport other than the car, as well as to an efficient public transport network. The urban area extends further to the east (across plains) than it does to the west (where development is constrained by the Monts du Lyonnais); nonetheless, the urban area presents clearly a monocentric structure.

Our analysis of changes in daily mobility and CO₂ emissions is based on the last two household travel surveys carried out in Lyon, in 1995 and 2006. These surveys were organised according to a standard procedure, which was monitored by a national organisation, CERTU (*Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques* – Centre for the Study of Urban Planning, Transport and Public Facilities). This homogeneity at national level means that comparisons can be made between different urban areas in France, as well as between several successive surveys. These surveys are carried out

at roughly 10-year intervals in all the major urban areas in France. The observation unit used for statistical purposes is the household. All persons aged five years and over that belong to a given household are asked questions about the journeys they made the day before the survey. All surveys are carried out between Tuesday and Saturday, and do not take account of any weekend travel. The data collected concerns the key socio-economic characteristics of the household and its members, as well as information about each journey, such as start and end points, the reason for the journey, the transport modes used, and travel times.

The survey carried out in Lyon in 1995 resulted in the collection of data for 6,001 households, representing a total of 13,997 people aged five and over and 53,213 journeys. This sample was selected from a slightly wider area than that covered by Greater Lyon. In 1995, this area had a total of 536,000 households and 1,280,000 inhabitants (including children under five years of age). The 2006 survey involved a larger sample: 11,229 households, representing a total of 25,656 people aged five and over and 96,250 journeys. The geographical area used for the 2006 survey was also much larger (see Figure 1), covering a total of 832,618 households and a population of 1,975,260 (including children under five years of age).

Figure 1: Urban area, metropolitan area and household travel survey area boundaries



In order to ensure comparability from a geographical standpoint, we have analysed the changes in CO₂ emissions related to the daily mobility of inhabitants within the 1995 HTS perimeter only (see Figure 1). However, this method has one significant limitation: urban growth necessarily results in the permanent enlargement of a city's sphere of influence. The perimeter within which most daily activities take place is therefore not stable over time. It must therefore be remembered that trends for a certain proportion of CO₂ emissions related to daily mobility have not been taken into consideration. The perimeter imposed by the 1995 survey had 1,301,076 inhabitants in 2006, which represents three quarters of the population of the Lyon metropolitan area. Of all the journeys made by inhabitants within this reduced

perimeter, 97% started and ended within the same perimeter – a percentage that has remained relatively stable compared to 1995 (96%). However, the remaining 3% of journeys that extended beyond this perimeter in 2006, but which remained within the metropolitan area, were responsible for 20% of CO₂ emissions related to the daily mobility of inhabitants within the 1995 perimeter. This illustrates the environmental stakes associated with journeys in peripheral areas, the growth of which we cannot analyse, as no data is available for 1995.

Calculating traffic-related CO₂ emissions

The methodology for calculating and analysing emissions using household travel survey data is now well established (Gallez & Hivert, 1998; Nicolas et al., 2001; Bouzouina & Nicolas, 2009), and combines characteristics relating both to individuals (socio-economic status, geographical location) and to the journeys they make (modes and types of vehicles used, estimated distances). This methodology has been adapted in accordance with the work of Nicolas et al. (2001), by evaluating the conditions for comparability between the two household travel survey periods, using emissions graphs in the context of the European MEET (Methodologies for Estimating Air Pollutant Emissions from Transport) programme (Hickman et al., 1999).

As far as cars and motorised two-wheelers are concerned, MEET provides graphs showing emissions as a function of average travel speed, cylinder capacity, and the vehicle's age and type of carburation. These last two characteristics can be obtained directly from household travel surveys, while information on cylinder capacity can be inferred from the vehicle's taxable horse power and from the vehicle's age and carburation type. Furthermore, the distances and speeds of local journeys are recalculated using a traffic model. As the departure and arrival times are known, it is also possible to deduce whether the vehicle was started with a cold engine, taking account of the previous journey. If a cold engine start is involved, an overemission coefficient is calculated. Finally, given that the household travel survey provides no information on the number of passengers in the vehicle, all CO₂ emissions are attributed to the driver; journeys made as a car passenger are considered to emit no CO₂.

For public transport, we have used the total annual distances travelled by each mode (bus, trolleybus, tram, metro), supplied by the Lyon public transport authority (SYTRAL) for inclusion in the Urban Transport Database managed by CERTU. The average speed of buses across the network – 17 km/h – has been used here to calculate bus emissions on the basis of graphs provided by MEET. Emissions from electrically powered modes are considered to be nil, given that electricity in the Lyon area is essentially generated by nuclear power and, to a lesser extent, hydroelectric power (Nicolas et al., 2001). Furthermore, since we know the annual number of journeys made using the Lyon public transport network (from the Urban Transport Database, CERTU, 2009) and the average distance travelled per journey (from the household travel survey), we have been able to estimate the average emission per passenger-kilometre, which is subsequently applied to all journeys made using public transport. This method gives acceptable results overall, even if it masks variations between individual journeys resulting from the combination of public transport modes involved. As the 1995 survey does not supply the information necessary to estimate the distances travelled using each sub-mode during a public transport journey, we have simply used this average coefficient per passenger-kilometre.

Analysing the factors behind changes in emissions levels:

Once calculated, these CO₂ emissions can be attributed to the individual who made the journey concerned. From this point on, our analysis concentrates on these individuals and aims to explain changes in the emissions they generate through their daily mobility. The overall volume of emissions (E_t) for an average day in a given year t corresponds to the

average distance travelled per person per day (d_t , in km/person/day), multiplied first by the average emissions level per unit of distance (eu_t , in g/km) and secondly by the total population (p_t , the number of inhabitants), i.e. $E_t = p_t \times d_t \times eu_t$. This means that the overall emissions level E_{t+1} for day $t+1$ can be deduced from E_t and from population growth rates, the average distance travelled per person, and unitary emissions (respectively r_p , r_d and r_{eu}):

$$E_{t+1} = E_t \times (1 + r_E) = E_t \times [(1 + r_p) \times (1 + r_d) \times (1 + r_{eu})].$$

These equations can then be made more complex, in order to more effectively take account of detailed behaviours and modal splits, but the decomposition principle remains the same. A typology of individuals was therefore established that sought to minimise the explained variance within classes while retaining a consistent explanation for mobility patterns. This means that changes within each of the groups can be observed. The total daily distance has also been detailed between the number of journeys per day and the average distance per journey. Finally, a distinction between seven different modes was made, in order to more effectively take account of variations in CO₂ emissions. These modes are: car journeys as a driver, car journeys as a passenger, journeys made using public transport, journeys that combine car travel and public transport use, bicycle journeys, journeys made on foot, and journeys made by other means. The initial formula can therefore be extended in the following way: $E_t = \sum_i pop_i \cdot \sum_{j/i} (dep_i^j \cdot dist_i^j \cdot eu_i^j)$, where: E_t and E_{t+1} are the CO₂ emissions volumes for t and $t+1$ respectively; pop_i is the total population of group i on day t ; dep_i^j is the average daily number of journeys made by people in group i using mode j ; $dist_i^j$ is the average distance of a journey made using mode j by people in group i ; and eu_i^j represents the average unitary emissions for mode j for people in group i .

The rates of change of these four key factors, which can be designated respectively $rpop_i$, $rdep_i^j$, $rdist_i^j$ and reu_i^j reflect the different dynamics within each group, and make it possible to recreate the overall changes, while keeping in mind those groups responsible for trends that are to be promoted – or discouraged.

CO₂ emissions related to the daily mobility of Lyon area residents: an apparent stability that masks major behavioural changes

An apparent stability in CO₂ emissions related to the daily mobility of Lyon area residents

The total volume of CO₂ emitted increased only slightly between 1995 and 2006 (+3%). However, initial aggregate analysis shows that this is, to some extent, the result of contrasting trends counterbalancing one another. First, there was a slight increase in the population over the period concerned (+1.6%), mainly due to a positive rate of natural increase (INSEE Rhône-Alpes, 2007). However, the population travelled less as a whole, with the average number of journeys per person per day falling from 3.7 to 3.5. This reduction concerned car journeys in particular, while the number of journeys made using sustainable transport modes and public transport increased. Above all, it is residents in the central area who are travelling less. Mobility figures fell overall, but less so in peripheral areas, where – in contrast to central areas – the distances covered per journey rose sharply (see Table 1): the average distance of a journey has increased from 3.7 km to 4.3 km, with a modal share for cars that has remained stable (73.9% of distances travelled were covered as a motorist or car passenger in 1995, compared with 73.6% in 2006). Consequently, the overall volume of distances travelled each day continued to rise, with recorded growth of +9%.

Unitary emissions for an average journey fell by 5%, from 136 g/km to 129 g/km. A major factor behind this decrease was the reduction in the average unitary emissions of cars, from 209 g/km to 201 g/km (-3%). The number of passengers in vehicles has remained constant, however, and has not contributed to this reduction. Rather, we are seeing a minor impact due to intrinsic changes in the overall motor vehicle fleet, which was more diesel-based and less fuel-hungry in 2006 than in 1995. Public transport represents a second factor that has contributed to lower average unitary emissions. On the one hand, there has been extensive electrification of public transport with the introduction of new-generation trolleybuses, the arrival of the tramway and the extension of the metro; on the other hand, demand has increased considerably, rising from 210 million to 367 million journeys per year between 1995 and 2006 (figures taken from the Urban Transport Database, CERTU, 2009).

Divergent changes in different socio-economic groups

However, beyond this initial general observation, we feel that it is important to analyse trends within different social groups, by examining both demographics and mobility-related behaviour. To this end, a typology of the population was established that sought to maximise the variance between the different groups using the average distance travelled per person per day in 1995 (Nicolas et al., 2003). In all, 22 types were identified; these types reflect possible explanatory factors, notably status (schoolchildren, students, employed persons, unemployed persons, homemakers, retired persons) and location (divided here into three concentric zones: the dense urban core formed by Lyon and Villeurbanne; "first-ring" suburbs adjoining this urban core; and "second-ring" suburbs on the edge of the urban area). Two additional factors are also taken into consideration: access to a car for adults, and gender for employed persons. Certain variables have not been included, such as household revenue, the effects of which seem less clear, and which to some extent are already implicit in categories concerning status and access to a motor vehicle.

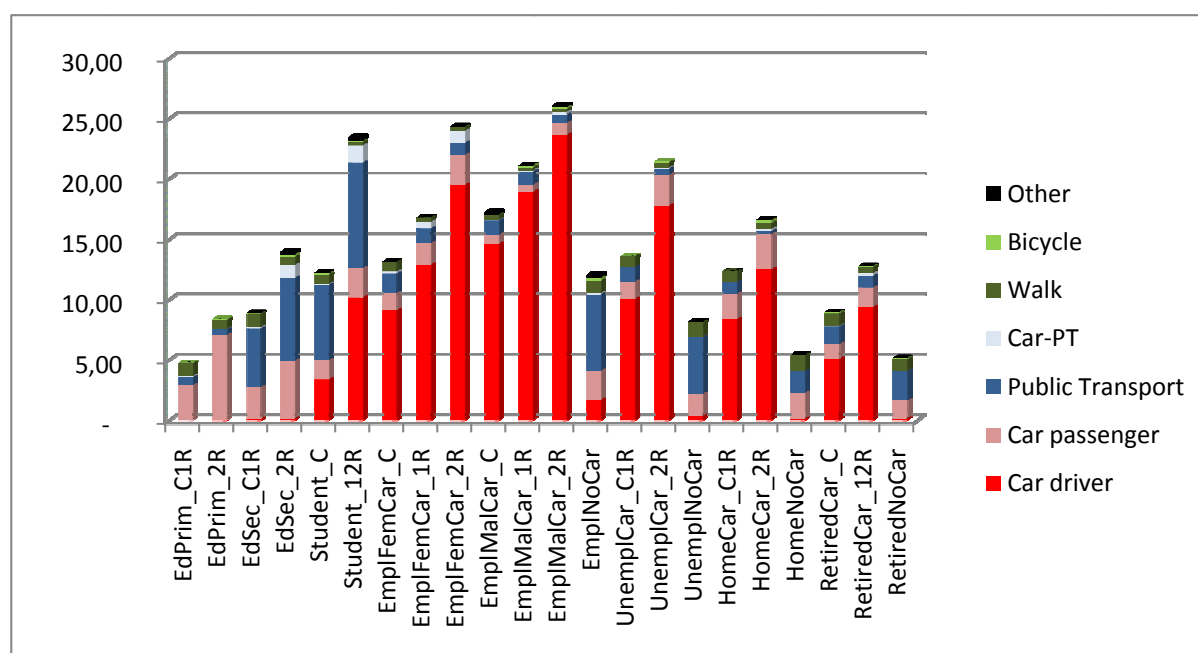
A considerable disparity in emissions between groups can be highlighted (see Table 1): primary-school pupils emitted just 0.04 kg each per day on average in 1995, compared with 4.84 kg for employed males with car access in second-ring suburbs. The 12 groups whose behaviour generated the least emissions (in kg/person/day) represent 50% of the population and just 14% of emissions. By contrast, the 3 groups with the highest emissions represent 12% of the population and 29% of emissions. Furthermore, the trends observed tend to reinforce these contrasts:

- ✓ First, the number of journeys per day is down in almost all groups (-7%). This overall reduction is more marked for groups with imposed daily journeys, such as people in employment and schoolchildren, compared with homemakers or retired people. It would therefore appear that the optimisation of daily travel is still continuing, with fewer people returning home for lunch.
- ✓ Distance travelled per journey is the factor that has increased most (+16%). Consequently, this has the effect of increasing overall emissions, as growth in distance is essentially due to car use. Distance per journey is higher among residents of second-ring suburbs than residents of the urban core, regardless of status. It is also higher for people in employment than for other groups. We can therefore observe an urban sprawl phenomenon, largely due to the fact that people are tending to live further from their workplace.
- ✓ Finally, the 5% drop in unitary emissions is less marked for car users – particularly among people in employment, for whom car use is more intensive than for other groups.

Table 1: growth coefficients for the CO₂ emissions of different population groups

	Population in 1995	Emissions (kg/pers./day)	<i>1995–2006 growth coefficient</i>				
			Pop.	Journeys/ pers.	Dist./ journey	Unitary emissions	Total emissions
In full-time education							
<i>Primary – core & 1st ring</i>	58,845	0.04	1.04	0.92	1.00	0.47	0.45
<i>Primary – 2nd ring</i>	36,993	0.04	0.82	0.89	1.07	0.78	0.61
<i>Sec'dary – core & 1st ring</i>	86,929	0.31	1.04	0.91	1.07	0.74	0.75
<i>Secondary – 2nd ring</i>	55,938	0.45	0.87	0.95	1.26	0.85	0.89
<i>Students – core</i>	52,018	1.06	0.83	0.89	1.08	0.72	0.57
<i>Students – 1st & 2nd rings</i>	28,193	2.52	0.83	0.89	1.26	0.89	0.83
Employed persons							
<i>Female – core with car</i>	93,596	2.09	1.10	0.92	1.17	0.93	1.10
<i>Female – 1st ring with car</i>	37,941	2.83	1.21	0.98	1.14	0.99	1.35
<i>Female – 2nd ring w/ car</i>	67,030	4.01	1.10	0.95	1.21	0.97	1.21
<i>Male – core with car</i>	110,696	3.33	1.07	0.87	1.20	0.90	1.01
<i>Male – 1st ring with car</i>	50,507	4.11	1.04	0.92	1.14	0.94	1.02
<i>Male – 2nd ring with car</i>	90,668	4.84	0.90	0.93	1.30	0.90	0.98
<i>Employed with no car</i>	73,704	0.73	0.81	0.94	1.03	0.47	0.37
Unemployed persons							
<i>Core & 1st ring with car</i>	26,438	2.25	0.83	0.86	1.08	0.78	0.60
<i>2nd ring with car</i>	11,122	3.79	0.75	0.84	1.17	0.92	0.68
<i>No car access</i>	20,613	0.35	0.90	0.94	0.93	0.74	0.58
Homemakers							
<i>Core & 1st ring with car</i>	26,278	1.84	1.04	0.96	0.87	0.96	0.84
<i>2nd ring with car</i>	19,211	2.70	0.67	0.99	1.14	0.91	0.68
<i>No car access</i>	32,161	0.13	0.60	1.03	1.20	0.95	0.70
Retired persons							
<i>Core with car access</i>	62,317	1.21	1.21	0.95	1.10	0.98	1.23
<i>1st & 2nd rings with car</i>	63,520	2.09	1.72	0.98	1.16	0.89	1.74
<i>No car access</i>	90,287	0.17	0.94	0.98	0.88	0.58	0.48
Total	1,195,004	1.89	1.01	0.93	1.16	0.95	1.03

Figure 2: Distances travelled per person per day by mode in 2006 (in km)



Two groups in particular raise the average emissions level: retired people and women in employment. First, the number of retired people with access to a motor vehicle has risen sharply (by up to +72% in peripheral areas); this can be explained by a demographic effect – an ageing population – combined with a generational effect – newly retired people have greater car access than their elders. However, if we compare groups with equivalent characteristics (in terms of location and car access), we can see that behavioural changes among groups of retired people are consistent with the average for the population as a whole. Women in employment also contribute to the growth in emissions. First, the number of women in employment has increased considerably, while the number of people staying at home has fallen. And secondly, this demographic growth has gone hand in hand with a marked increase in distances travelled, which explains the rise in emissions for this group.

Conclusion

Three main phenomena counterbalance the observed trend of falling daily mobility, and the concomitant reduction in CO₂ emissions that might reasonably be expected. First, while the number of journeys made has indeed fallen, this is compensated by the increased distances travelled in peripheral areas. Here, it may be judicious to question the relevance of our study perimeter, determined by the 1995 HTS. Might our conclusions on the stability of CO₂ emissions have been different if we had been able to carry out our study across the whole metropolitan area? Second, distances between home and work continue to increase; this phenomenon is linked to urban sprawl. As a consequence, those groups comprising women in employment are particularly responsible for raising emissions levels, as they combine demographic growth – the increasing proportion of women in employment – with an overall increase in distances travelled (by car) for all persons in employment. Finally, the effects of an ageing population can be clearly observed, with new generations of older people that have greater access to motor vehicles than ever. At the scale of the areas concerned by daily mobility, the dynamics behind the increase in emissions therefore appear to be structurally linked to spatial aspects, most notably the fact that people are having to travel further to work. Measures that aim to reduce CO₂ emissions by directly targeting journey-related aspects, such as carbon taxes, will only be accepted with considerable reluctance, as no alternative is

available. Furthermore, such measures seem intrinsically unfair, as less well-off households already dedicate a significant proportion of their budget to daily mobility, particularly in peripheral areas (Polachinni, Orfeuil, 1998; Nicolas et al., 2003; Vanco, Verry, 2009). In view of this situation, it might therefore be better to implement measures that, on the hand, concern the renewal of the overall motor vehicle fleet, as unitary emissions for cars have fallen very little (feebates systems, as the French "bonus-malus" example, could be used as a model) and which, on the other hand, seek to control urban development more effectively, by minimising urban sprawl and favouring densely populated centres with a wide variety of functions.

References

- Bouzouina L., Nicolas J.-P., 2009, « Harmoniser politiques sociale et environnementale : évaluation de l'impact d'une réhabilitation de quartiers défavorisés sur les émissions de CO2 liées aux déplacements ». *VertigO*, Vol. 9, n°2.
en ligne : <http://www.vertigo.revues.org/index8771.html>
- Dupont A., Kolli Z., Krakutovski Z., Hivert L., 2009, "Travel Behavior regarding demographical changes and GHG emissions in the Parisian Region". *12th International Conference on Travel Behaviour Research*, Jaipur, India, December 13-18, 2009.
- Gallez C., Hivert L., 1998. *BEED: mode d'emploi. Synthèse méthodologique pour les études "budget énergie environnement des déplacements"*. Arcueil, Ademe-Inrets report.
- Hickman J., D. Hassel, R. Joumard, Z. Samaras, S. Sorenson, 1999. *MEET – Methodology for calculating transport emissions and energy consumption*. European Commission, DG VII, Luxembourg. <http://www.inrets.fr/infos/cost319/M22.pdf>
- Hubert J.-P., 2009, « Dans les grandes agglomérations, la mobilité quotidienne des habitants diminue, et elle augmente ailleurs ». *Insee première* 1252.
- Nicolas J.-P., P. Pochet, and H. Poimboeuf, 2001, *Indicateurs de mobilité durable. Application à l'agglomération de Lyon*. Lyon, LET, Coll. Etudes & Recherches. 127 p.
- Nicolas J.-P., P. Pochet, and H. Poimboeuf, 2003, "Towards sustainable mobility indicators: application to the Lyons conurbation", *Transport Policy*, 10, 197-208.
- Orfeuil J.-P., Polacchini A., 1998, *Dépenses pour le logement et pour les transports en Île-de-France*, Arcueil, INRETS report. 91 p.
- Vanco F., Verry D., 2009, "Rising fuel price and household vulnerability: a French comparison", 2nd *EuroCities-DATTA Workshop Urban mobility in Europe*, Namur, January 8-9 2009.